



**Diva Alexandra
Simões dos Santos**

**Desenvolvimento de filmes edíveis para criação de
novos produtos**



**Diva Alexandra
Simões dos Santos**

**Desenvolvimento de filmes edíveis para criação de
novos produtos**

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia, realizada sob a orientação científica do Doutor Domingos Almeida, Professor auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e do Doutor Jorge Saraiva, Investigador auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família e à pessoa que me entende e sempre esteve ao meu lado no desenvolvimento deste projecto, o Bruno.

o júri

Presidente

Prof. Doutora Ivonne Delgadillo Giraldo

professora associada com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Doutora Elisabete Maria da Cruz Alexandre

investigadora da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa

Prof. Doutor Domingos Paulo Ferreira de Almeida

professor auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Prof. Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva

investigador auxiliar da Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Agradeço, com especial apreço, à Frulact – Indústria Agro-Alimentar, SA por me ter acolhido e dado a oportunidade de realizar um projecto proveitoso como este, em especial ao Doutor Domingos Almeida por todo o conhecimento transmitido e pela atenção e preocupação demonstrada.

A toda a equipa em que estive inserida, deixo o meu agradecimento por toda a ajuda ao longo do estágio, Cláudia Lopes, Maria Ana Marques, Clara Meira, Ana Oliveira, Sílvia Azevedo, Susana, Vera e a todos os colegas de laboratório que sempre criaram o bom ambiente de trabalho, em especial a Maria João Mendes e o José Neves.

Ao professor Jorge Saraiva agradeço a constante preocupação e incondicional apoio que me prestou.

Agradeço a afável disponibilidade do Professor Doutor José António Teixeira Lopes da Silva, sempre que requisitei a sua ajuda ao longo destes meses.

Às minhas grandes amigas, pela partilha de sentimentos, preocupações e alegrias, a Lara e a Luciana.

A todos, um Muito Obrigado.

palavras-chave

Filmes edíveis, textura, revestimentos, novos produtos

resumo

Os consumidores acreditam na importância da fibra, no entanto, a sua dieta continua a não contemplar a quantidade suficiente. O desafio atual da indústria alimentar é introduzir fibras em produtos sem alterar o sabor e a textura que os consumidores procuram, ou, por outro lado, criar novos produtos ricos em fibra que detenham qualidade nutricional e funcional do interesse para o consumidor.

Neste trabalho foram desenvolvidos películas edíveis à base de fibras dietéticas, sem e com fruta, que contemplam inúmeras aplicações e irão fazer parte integrante de novos produtos alimentares que proporcionarão novas impressões sensoriais distintas de outras presentes no mercado.

Foram testados diversos hidrocolóides e, de sete formulações, apenas uma revelou ser incapaz de formar filme após o processo desenvolvido. As restantes deram origem a filmes, com características físico-químicas diferentes, cuja estabilidade ao longo do armazenamento foi também avaliada e é aqui apresentada. O tempo de prateleira destes filmes é superior a 40 dias sendo necessário armazenamento refrigerado no caso dos filmes sem fruta. A análise sensorial revelou a aceitação deste novo conceito por parte do consumidor.

keywords

Edible films, texture, coatings, new products

abstract

Fiber is a top-of-mind issue for consumers, but they are still not getting enough of it in their diets. Today's challenge for food and beverage manufacturers is how to include easily digestible fiber in products without impacting the taste and texture that consumers crave.

In this work, edible films based on dietary fiber, with and without fruit, were developed. These films will be part of new texture products which are different from any others in the market.

Different hydrocolloids blends were tested and only one of seven, proved to be unable to create a film after the process developed in this work. The remaining hydrocolloids blends originate edible films with different physicochemical characteristics. Its stability was also evaluated and it is here presented. The shelf-life of these films is superior to 40 days, but refrigerated temperature is necessary for films without fruit. Sensorial analysis demonstrated that this new concept is very well accepted by the final consumer.

Índice

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	IX
I. INTRODUÇÃO.....	1
I.1. ÂMBITO DO TRABALHO	1
I.1.1. BREVE HISTÓRIA DA EMPRESA	1
I.1.2. ATIVIDADE DA EMPRESA.....	2
I.1.3. DESAFIO / OPORTUNIDADE.....	2
I.2. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	3
II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
II.1. FRUTOS.....	5
II.1.1. COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA DOS FRUTOS	5
II.1.2. AMADURECIMENTO DOS FRUTOS.....	7
II.2. OS HIDROCOLOIDES	8
II.2.1. PECTINA.....	9
II.2.2. CELULOSE	10
II.2.3. AMIDO	11
II.2.4. ALGINATO.....	12
II.2.5. AGAR	13
II.2.6. GOMA GELANA	13
II.2.7. CARRAGENINA	14
II.2.8. GOMA XANTANA	15
II.2.9. GOMA GUAR	16
II.2.10. FARINHA DE SEMENTES DE ALFARROBA.....	18
II.3. FILMES EDÍVEIS	20
II.3.1. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FILMES EDÍVEIS.....	20
II.3.1.1. <i>Propriedades de barreira</i>	21
II.3.1.2. <i>Propriedades mecânicas</i>	22
II.3.1.3. <i>Propriedades de superfície</i>	23
II.3.1.4. <i>Propriedades óticas</i>	23
II.3.1.4. <i>Fatores que afetam as propriedades físicas dos filmes edíveis</i>	23
II.3.2. PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE FILMES EDÍVEIS	24
II.3.3. HIDROCOLOIDES UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DE FILMES EDÍVEIS.....	25
II.3.3.1. <i>Celulose e derivados</i>	26
II.3.3.2. <i>Amidos e derivados</i>	26

II.3.3.3. Extratos de algas marinhas.....	27
II.3.3.4. Galactomananas.....	27
II.3.3.5. Pectinas.....	28
II.3.4. INCORPORAÇÃO DE FRUTA E LEGUMES EM FILMES EDÍVEIS.....	28
II.3.5. LEGISLAÇÃO RELATIVA A FILMES EDÍVEIS.....	29
III. BREVE ANÁLISE DO MERCADO.....	31
III.1. MERCADO.....	31
III.2. ALGUNS PRODUTOS SUBSTITUTOS OU DE POSSÍVEL APLICAÇÃO DO FILME DESENVOLVIDO.....	32
III.3. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO.....	35
IV. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
IV.1. MATERIAIS UTILIZADOS.....	37
IV.2. PREPARAÇÃO DE GÉIS.....	37
IV.2.1. PREPARAÇÃO DE GEL SEM FRUTA.....	38
IV.2.2. PREPARAÇÃO DE GEL COM FRUTA.....	38
IV.3. PREPARAÇÃO DO FILME EDÍVEL.....	39
IV.4. APLICAÇÃO DO FILME EDÍVEL.....	39
IV.5. ANÁLISE DA TEXTURA.....	39
IV.5.1. TEXTURA DOS GÉIS.....	40
IV.5.2. TEXTURA DOS FILMES.....	41
IV.6. ANÁLISE DE COR.....	41
IV.7. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	42
IV.7.1. FILMES ISOLADOS.....	42
IV.7.2. FILMES APLICADOS.....	43
IV.8. ANÁLISE SENSORIAL.....	43
IV.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
V.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS GÉIS E FILMES.....	45
V.1.1. PH, SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E ATIVIDADE DA ÁGUA.....	48
V.1.2. COR DOS GÉIS E DOS FILMES.....	51
V.1.3. PROPRIEDADES DE TEXTURA DOS GÉIS E DOS FILMES.....	58
V.1.3.1. Textura dos géis.....	58
V.1.3.2. Textura dos filmes isolados.....	59
V.1.3.3. Textura dos filmes aplicados.....	61
V.2. ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DOS FILMES.....	62
V.3. ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DOS FILMES EDÍVEIS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO.....	64
V.3.1. FILMES SEM FRUTA ISOLADOS.....	64
V.3.1.1. Sólidos solúveis e atividade da água.....	65
V.3.1.2. Cor.....	68

<i>V.3.1.3. Propriedades de textura</i>	<i>69</i>
V.3.2. FILMES COM FRUTA ISOLADOS	71
<i>V.3.2.1. Sólidos solúveis e atividade da água</i>	<i>72</i>
<i>V.3.2.2. Cor.....</i>	<i>75</i>
<i>V.3.2.3. Propriedades de textura</i>	<i>76</i>
V.3.3. FILMES SEM FRUTA APLICADOS.....	79
<i>V.3.3.1. Sólidos solúveis e atividade da água</i>	<i>79</i>
<i>V.3.3.2. Cor.....</i>	<i>82</i>
<i>V.3.3.3. Propriedades de textura</i>	<i>82</i>
V.3.4. FILMES COM FRUTA APLICADOS	84
<i>V.3.4.1. Sólidos solúveis e atividade da água</i>	<i>84</i>
<i>V.3.4.2. Cor.....</i>	<i>88</i>
<i>V.3.4.3. Propriedades de textura</i>	<i>89</i>
V.5. ANÁLISE SENSORIAL	92
V.5.1. TESTE AFETIVO DE ACEITAÇÃO	92
V.5.2. TESTE AFETIVO DE PREFERÊNCIA.....	94
V.5.3. TESTE DE ACEITAÇÃO COMERCIAL.....	96
VI. NOTAS CONCLUSIVAS.....	99
VI.1. CONCLUSÕES	99
VI.2. PERSPETIVAS FUTURAS / PROPOSTAS DE MELHORIA	100
VII. LITERATURA CITADA.....	101
ANEXOS	109

Índice de figuras

Figura 1. Relação do grau de esterificação das pectinas com a interação com o cálcio e os produtos alimentares ⁸ .	10
Figura 2. Célula unitária de celulose ⁹ .	11
Figura 3. Unidades monoméricas constituintes do alginato e suas interações ¹² . M é β -D-manuronato e G é α -L-guluronato.	12
Figura 4. Unidade repetida do tetrassacarídeo que constitui a goma gelana.	14
Figura 5. Representação esquemática da estrutura primária da goma xantana.	16
Figura 6. <i>Elastic modulus</i> de misturas de goma xantana-goma guar em função do rácio da mistura com 1% de concentração total de goma e em 1% de soluções de cloreto de potássio ⁸ .	17
Figura 7. Viscosidade de misturas de goma xantana-goma guar em função do rácio da mistura a diferentes taxas de deformação em água destilada a 1% de concentração total de goma. Taxas de deformação: \square 0,2 s ⁻¹ ; \blacklozenge 1,6 s ⁻¹ ; \blacktriangle 21 s ⁻¹ ⁸ .	17
Figura 8. Termoestabilidade das gomas xantana e guar em água ⁸ .	18
Figura 9. Ilustração da semente de alfarroba.	19
Figura 10. Viscosidade de soluções de goma xantana-farinha de sementes de alfarroba com 0,1% de concentração total de goma. 1, farinha de sementes de alfarroba; 2, goma xantana; 3, goma xantana-farinha de sementes de alfarroba (50:50) ⁸ .	19
Figura 11. Efeito do rácio de goma na força do gel de goma xanta-farinha de sementes de alfarroba. Força de gel determinada 20°C ⁸ .	20
Figura 12. Processo de extrusão para formação de filme de amido de tapioca.	25
Figura 13. Análise SWOT dos filmes edíveis avaliados neste projeto de estágio.	35
Figura 14. Estrutura da sucralose ⁸⁶ .	38
Figura 15. Análise tipo TTC Spreadability Rig, constituída por uma sonda cone de 90° “macho” e cinco cones “fêmea” em <i>perspex</i> que correspondem precisamente com a sonda cone “macho”.	40
Figura 16. Gráficos tipo resultantes da análise de textura dos géis, pelo sistema TTC Spreadability Rig.	40

Figura 18. Gráficos tipo resultantes da análise de textura, por penetração, dos filmes isolados (A) e aplicados (B). Em B, <i>Peak Positive Force</i> corresponde ao pico da película inferior, abaixo da compota.	41
Figura 17. Teste de penetração com sonda P/2N e célula de 5 kg.	41
Figura 19. Filmes edíveis sem fruta aplicados.	45
Figura 20. Filmes edíveis com fruta aplicados.	46
Figura 21. Espessura dos filmes após secagem a 100°C.	47
Figura 22. Valores de sólidos solúveis totais dos géis antes e após a secagem a 100°C (A) e após a aplicação enquanto revestimento de compota (B).	50
Figura 23. Luminosidade dos géis sem e com fruta, do puré de maçã concentrado e da compota (A) Luminosidade dos filmes isolados (B) e aplicados (C) sem e com fruta.	53
Figura 24. Tonalidade dos géis sem e com fruta, do puré de maçã concentrado e da compota (A) Tonalidade dos filmes isolados (B) e aplicados (C) sem e com fruta. ...	55
Figura 25. Cromacidade dos géis sem e com fruta, do puré de maçã concentrado e da compota (A) Cromacidade dos filmes isolados (B) e aplicados (C) sem e com fruta. ...	57
Figura 26. Dureza dos géis sem e com fruta e do puré de maçã concentrado.	59
Figura 27. Adesividade dos géis sem e com fruta e do puré de maçã concentrado.	59
Figura 28. Dureza dos filmes edíveis isolados, sem e com fruta no dia 0.	60
Figura 29. Elasticidade aparente dos filmes edíveis isolados, sem e com fruta no dia 0. ...	61
Figura 30. Dureza dos filmes edíveis aplicados, sem e com fruta no dia 0.	62
Figura 31. Elasticidade aparente dos filmes edíveis aplicados, sem e com fruta no dia 0. .	62
Figura 32. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C e 20°C, dos filmes sem fruta isolados.	65
Figura 33. Teor em sólidos solúveis totais dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.	66
Figura 34. Atividade da água dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.	67
Figura 35. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes sem fruta isolados e após alguns dias de armazenamento a 4°C e a 20°C.	68
Figura 36. Evolução da dureza dos filmes edíveis sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.	70

Figura 37. Evolução da elasticidade aparente dos filmes edíveis sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C	71
Figura 38. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C e 20°C, dos filmes com fruta isolados.	72
Figura 39. Teor em sólidos solúveis totais dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.	73
Figura 40. Atividade da água dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.....	75
Figura 41. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes com fruta isolados e outros dias de armazenamento a 4°C e a 20°C.	76
Figura 42. Evolução da dureza dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.....	78
Figura 43. Evolução da elasticidade aparente dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.	79
Figura 44. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C, dos filmes sem fruta aplicados.	79
Figura 45. Teor em sólidos solúveis dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.	80
Figura 46. Atividade da água dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.	81
Figura 47. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes sem fruta aplicados e após alguns dias de armazenamento a 4°C.	82
Figura 48. Evolução da dureza dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.	83
Figura 49. Evolução da elasticidade aparente dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.	83
Figura 50. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C e 20°C, dos filmes com fruta aplicados.....	84
Figura 51. Teor em sólidos solúveis dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.....	86
Figura 52. Atividade da água dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.....	87

Figura 53. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes com fruta aplicados e outros dias de armazenamento a 4°C e a 20°C.	89
Figura 54. Evolução da dureza dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.....	90
Figura 55. Evolução da elasticidade aparente dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C.	91
Figura 56. Classificação média das características organoléticas dos filmes aplicados analisados.	93
Figura 57. Classificação média das características organoléticas dos filmes aplicados analisados, dada pelos consumidores do género feminino.	93
Figura 58. Classificação média das características organoléticas dos filmes aplicados analisados, dada pelos consumidores do género masculino.	94
Figura 59. Preferência dos consumidores, relativamente aos filmes analisados.	95
Figura 60. Preferência dos consumidores, relativamente aos filmes analisados, dada pelos consumidores do género feminino.....	95
Figura 61. Preferência dos consumidores, relativamente aos filmes analisados, dada pelos consumidores do género masculino.....	95
Figura 62. Aceitação comercial dos filmes analisados.....	96
Figura 63. Aceitação comercial dos filmes analisados, dos provadores do género feminino.	97
Figura 64. Aceitação comercial dos filmes analisados, dos provadores do género masculino.....	97

Índice de tabelas

Tabela 1. Propriedades das três principais carrageninas.	15
Tabela 2. Alguns produtos <i>snacks</i> existentes no mercado.....	32
Tabela 3. Matérias-primas utilizadas.....	37
Tabela 4. Formulação para elaboração dos géis sem fruta.	38
Tabela 5. Formulação para elaboração dos géis com fruta.....	39
Tabela 6. Tempo de secagem a 100°C dos filmes sem e com fruta, isolados e daqueles que foram aplicados.....	47
Tabela 7. Valores de pH dos géis com e sem fruta.....	48
Tabela 8. Valores de a_w dos géis antes e após a secagem a 100°C e após aplicação enquanto revestimento.	51
Tabela 9. Tempo de prateleira dos filmes, tendo em conta a contaminação de mesófilos totais dos mesmos ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. Dia ao qual a contaminação foi superior a 10^4 ufc/g nos filmes sem fruta e igual ou superior 10^6 ufc/g nos filmes com fruta.	63
Tabela 10. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes sem fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	67
Tabela 11. Coeficiente de correlação entre dureza e espessura dos filmes sem fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	70
Tabela 12. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes com fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	74
Tabela 13. Coeficiente de correlação entre a dureza e a espessura dos filmes com fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	78
Tabela 14. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes sem fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	81
Tabela 15. Coeficiente de correlação entre a dureza e a espessura dos filmes sem fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	83
Tabela 16. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes com fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	86
Tabela 17. Coeficiente de correlação entre a dureza e a espessura dos filmes com fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.....	90

Lista de abreviaturas e símbolos

A	farinha de sementes de alfarroba
a_w	atividade da água
BPW	água peptonada tamponada (<i>Buffered Peptone Water</i>)
C	carragenina k
C:A	gel/filme de carragenina k e farinha de sementes de alfarroba
DM	grau de metilação
g	gramas
G	goma guar
h	hora(s)
HMP	pectina de elevado grau de metilação
kg	kilogramas
L	litro(s)
LMP	pectina de baixo grau de metilação
LMAP	pectina de baixo grau de metilação amidada
M	concentração molar
min	minuto(s)
mm	milímetros
N	Newton
PCA	<i>Plate Count Agar</i> (meio de cultura)
PG	poligalacturonase
PME	pectina metilesterase
POD	Peroxidase
PPO	polifenol oxidase
s	segundos
UI	unidade internacional
X	goma xantana
X:A	gel/filme de goma xantana e farinha de sementes de alfarroba
X:G	gel/filme de goma xantana e goma guar
YGC	<i>Yeast extract Glucose Chloranphenicol agar</i> (meio de cultura)
°Brix	grau Brix
°C	graus Celsius

I. Introdução

I.1. Âmbito do trabalho

“Inovar com sucesso. Esta é diariamente a meta que pretendemos atingir. Queremos antecipar as tendências do mercado, apresentando processos e produtos revolucionários.”

Frulact

A realização deste projecto decorreu numa empresa da indústria alimentar, a Frulat – Indústria Agro-Alimentar, SA, na unidade fabril situada na Maia, no departamento de Inovação&Tecnologia.

I.1.1. Breve História da Empresa

A Frulact nasceu com uma unidade fabril na Maia em 1987 e onze anos depois expandiu-se no Ferro, Covilhã, localizando-se estrategicamente nas proximidades das grandes zonas de cultivo de fruta. Apenas um ano depois chegou a Marrocos e em 2000 à Tunísia com uma nova fábrica, que serve de plataforma de aprovisionamento dos mercados do Norte de África e Médio Oriente.

Em 2006 há a construção de uma nova fábrica em Tortosendo, Covilhã, mais uma vez situada em zonas de grande cultivo de frutícolas, e a aquisição de uma empresa francesa do sector, a GBP (*Granger Bouguet Pau*), reforçando a estratégia de proximidade aos clientes no segundo maior mercado europeu do seu *core-business*.

Cerca de um ano depois a Frulact aumenta a sua penetração no Norte de África e no Médio Oriente com a instalação de uma unidade fabril na Argélia e outra em Marrocos. Este ano fica marcado pela integração do Grupo na rede COTEC, bem como pela atribuição pela mesma entidade do Prémio Inovação 2007.

Em suma a Frulact está hoje presente industrialmente com fábricas em 5 países – Portugal, França, Marrocos, Argélia e África do Sul – para servir os mercados europeu (Portugal, Espanha, França, Luxemburgo, Suíça), do norte de África (Marrocos, Argélia e Tunísia) e do médio-oriente (Líbia, Egipto, Arábia Saudita, Emiratos Árabes, Irão e Israel). Esta empresa emprega neste momento 350 funcionários no total, 240 dos quais em Portugal sendo que 50% deste encontram-se na unidade fabril da Maia.

A Frulact foi considerada PME-Excelência (IAPMEI/CGD) de 1998 a 2001. Tem arrecadado diversos prémios, entre eles, o Prémio Inovação 2003 (Ministério da

Agricultura e Pescas) e Óscar da Exportação 2005 (Câmara de Comércio Luso-Francesa), obteve menções honrosas do INSEAD 2006 e do Empreendedor do Ano Ernst & Young/Fortis Bank 2006; obteve o prémio de PME Inovação COTEC-BPI 2007 e no mesmo ano o Troféu do Investimento (Câmara de Comércio e Indústria Luso-Francesa); em 2009 o prémio INSEAD de Empreendedorismo e em 2010 o Empresário Europeu do ano (Rubbain d'Honneur (HSBC)).

I.1.2. Atividade da Empresa

A Frulact está presente em diversas áreas, nomeadamente nos laticínios, nos gelados, na pastelaria e nas bebidas.

Quanto aos produtos lácteos, bem como no mercado da pastelaria, a Frulact trabalha em parceria com os seus clientes, de forma a conquistar novos segmentos de mercado, para tal procura a criação de produtos inovadores, com novos conceitos e posicionamentos que respondam à crescente exigência dos consumidores.

Os gelados são cada vez menos sazonais, onde são procuradas a criatividade, a irreverência e o dinamismo. A Frulact tem sido reconhecida pelos clientes desta indústria contribuindo para o desenvolvimento de produtos originais e de qualidade.

No caso dos sumos, néctares e refrigerantes, a frescura, a saúde, o natural, o prazer, a diversão e funcionalidade são os critérios de eleição. É sobre estes fatores que a Frulact se debruça para que os produtos que cria sejam de referência no mercado e com valor acrescentado.

De referir ainda que a Frulact atua em duas frentes, serve grandes multinacionais e outras empresas presentes nos diversos mercados acima referidos e, possui também a sua própria marca que utiliza para fazer chegar ao consumidor produtos seus de qualidade. O volume de negócios desta empresa ultrapassou os 75 milhões de euros em 2011 face aos mais de 63 milhões do ano anterior.

I.1.3. Desafio / Oportunidade

Os consumidores acreditam na importância da fibra, no entanto, a sua dieta continua a não contemplar a quantidade suficiente ¹. O desafio atual da indústria alimentar é introduzir fibras em produtos sem alterar o sabor e a textura que os consumidores

procuram, ou, por outro lado, criar novos produtos ricos em fibra que detenham qualidade nutricional e funcional do interesse para o consumidor. Para além de constituírem fibra alimentar, diversos polissacarídeos são susceptíveis de serem utilizados para produzir filmes que podem servir de base para o desenvolvimento de novos produtos. Assim, é possível explorar a dupla vertente, nutricional e capacidade de formação de revestimentos, para criar novos produtos alimentares.

I.2. Objetivos do trabalho

O principal objetivo deste projeto de estágio é identificar novas texturas e novos conceitos que constituam parte ou o todo de novos produtos alimentares com potencial no mercado.

Será avaliado o potencial de alguns hidrocoloides na formação de filmes edíveis e a aplicabilidade dos mesmos enquanto revestimentos de outros produtos complementares de forma a criar novos produtos inovadores e de valor acrescentado.

Os objetivos específicos do trabalho consistem em:

- 1) Avaliar as características de géis formulados com goma xantana, farinha de sementes de alfarroba, goma guar e carragenina, e respetiva capacidade de formação de filmes capazes de envolver alimentos pastosos à base de fruta;
- 2) Compreender o efeito da adição de fruta nas propriedades destes filmes: sólidos solúveis totais, atividade da água, textura e cor;
- 3) Desenvolver novos produtos de assemblagem, totalmente edíveis, contendo uma formulação à base de fruta envolvida no revestimento e caracterizar estas formulações, com ênfase na textura e na estabilidade microbiológica;
- 4) Estudar a estabilidade estrutural e funcional dos filmes isolados e aplicados em armazenamento à temperatura ambiente e refrigerada e determinar o tempo de prateleira dos mesmos.

II. Enquadramento Teórico

II.1. Frutos

Nos dias de hoje, os frutos e os vegetais são o centro das escolhas da dieta humana, essencialmente devido aos seus efeitos benéficos na saúde ². Deste modo, o desenvolvimento de produtos à base de fruta, que torne fácil, prática, cómoda e simples a toma destes alimentos, é impreterível e auspicioso. Importa, pois, considerar brevemente as características nutricionais dos frutos de forma a averiguar possibilidades da sua utilização na formulação de géis formadores dos filmes que se pretendem desenvolver neste trabalho, de modo a aumentar o valor nutricional e comercial destes.

II.1.1. Composição Bioquímica dos Frutos

O componente maioritário destes alimentos é a água que se encontra presente em cerca de 80-90% do peso total dos frutos (exceptuando os frutos secos). Tanto a proteína como a gordura surgem em quantidades diminutas salvo raras excepções, como os frutos secos que possuem mais de 18% de proteína e à volta de 50% de lípidos ou o coco que tem cerca de 36% de lípidos.

Os frutos são também uma fonte de hidratos de carbono digestíveis e não digestíveis (fibras dietéticas), de ácidos orgânicos, de vitaminas e de carotenoides.

Existem dois grandes grupos de hidratos de carbono, os de reserva (como o amidoⁱ) e os estruturais (como a celuloseⁱⁱ e a pectinaⁱⁱⁱ). A parede celular é uma estrutura complexa composta por celulose, pectina, hemicelulose e, em menor quantidade, lenhina e glicoproteínas. A celulose e a pectina são fibras dietéticas derivadas de hexoses como a glucose, galactose, ramnose e manose e, de pentoses como a xilose e a arabinose, bem como de alguns seus derivados como os ácidos glucurónico e galacturónico. Todos estes componentes poliméricos formam uma rede tridimensional estabilizada por pontes de hidrogénio, interações iónicas com cálcio, componentes fenólicos como o ácido diferúlico e glicoproteínas ricas em hidroxiprolinas ².

A lenhina e a hemicelulose são também fibras dietéticas e, juntamente com a celulose e a pectina, completam cerca de 0,5 a 1,5% do peso total dos frutos. Devido às propriedades das fibras, como a capacidade de retenção de água, elas desempenham um

ⁱ Ver parte II.2.3.

ⁱⁱ Ver parte II.2.2.

ⁱⁱⁱ Ver parte II.2.1.

papel importante no movimento dos alimentos ingeridos e na redução da incidência do cancro do cólon bem como de doenças cardiovasculares ³.

Quando ao teor proteico, este provém, por exemplo, de enzimas, como a ácido ascórbico oxidase que atua na oxidação da vitamina C, tendo a sua ação como consequência a diminuição da qualidade nutricional do produto; a clorofilase que remove o grupo fitol da clorofila, levando à perda da cor verde; a lipoxigenase, esta por catalisar a reação de oxidação de ácidos gordos insaturados, promove a formação de maus odores e aromas; a poligalacturonase, a pectinametil esterase e a celulase que levam ao amolecimento por atuarem na degradação da parede celular; a fosfolipase D que inicia a degradação da membrana celular o que leva à diminuição do prazo de validade e da qualidade do fruto; por fim, a polifenoloxidase (PPO) que promove a formação de polímeros castanhos por catalisar a oxidação de fenóis ³.

Os lípidos presentes nos frutos e vegetais são essencialmente os que constituem a membrana celular. Os principais ácidos gordos encontrados são os ácidos palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2) e linolénico (18:3).

As vitaminas que podem ser encontradas nos frutos em geral são a vitamina C, a vitamina A, a tiamina, a riboflavina, a niacina, entre outras em menores quantidades, o teor destas vitaminas pode sofrer alterações com os processamentos.

Os frutos são também ricos em minerais como o potássio, o cálcio, o magnésio, o sódio, o cloro e outros em pequenas quantidades, no entanto não são uma boa fonte de minerais pois estes não se encontram totalmente disponíveis nutricionalmente.

Os ácidos orgânicos são dos principais componentes dos frutos, dos quais provêm a acidez destes. São parte integral de vias metabólicas e são importantes para o sabor e aroma. Os frutos mais novos contêm, em geral, mais ácidos, que se encontram dissolvidos nos vacúolos e, depois a sua concentração vai diminuindo ao longo do amadurecimento devido à sua conversão em açúcares (gluconeogénese) ².

Os pigmentos são compostos muito importantes nos frutos que fornecem um fator atrativo às frutas – a cor. Encontram-se clorofilas que fornecem a cor verde, carotenoides amarelos e laranjas e antocianinas que são compostos fenólicos solúveis em água, instáveis e facilmente hidrolisados por enzimas. Ao longo do amadurecimento o conteúdo dos pigmentos varia, as clorofilas diminuem enquanto o teor de carotenoides e antocianinas aumenta.

Os frutos são ricos em outros compostos fenólicos como o ácido clorogénico, ácido cafeico, catecol, catequina, epicatequina, flavonoides, ácido cinâmico, entre outros que podem sofrer oxidação catalisada pela enzima PPO levando ao acastanhamento enzimático dos frutos quando descascados e/ou cortados ⁴.

O aroma dos mesmos provem da combinação de diversos compostos voláteis como terpenos, ésteres, aldeídos de cadeia curta, cetonas, ácidos orgânicos, etc., a importância de cada um depende da sua concentração e interação com outros componentes. O componente volátil mais abundante é o etileno mas este não tem aroma típico, desempenhando função no amadurecimento dos frutos.

II.1.2. Amadurecimento dos Frutos

O amadurecimento é a última etapa de crescimento da fruta que confere o desenvolvimento de características organoléticas ideais como o sabor, a cor e o aroma.

O iniciador chave do amadurecimento é o etileno. Em geral, as plantas produzem um nível basal de etileno e, durante o amadurecimento distinguem-se dois grandes tipos de frutas: as climatéricas, que apresentam uma súbita subida da produção de etileno e de dióxido de carbono (respiração) e, as não climatéricas, que apresentam um valor baixo de produção de etileno. Nas frutas climatéricas (maçã, pêra, banana, tomate, abacate, etc.) a produção de etileno pode atingir os 500 ppm, já nas frutas não climatéricas (limão, laranja, morango, ananás, etc.) a produção de etileno é cerca de 0,1-0,5 ppm.

O etileno estimula a sua própria produção em frutos climatéricos, etileno externo (de um fruto próximo) estimula o amadurecimento de outro fruto deste tipo. Fruta não climatérica, em resposta ao aumento de etileno presente, aumenta o grau de respiração, sem acelerar, porém, o tempo necessário para o amadurecimento ².

Ao longo deste processo ocorrem diversas alterações, nomeadamente, a diminuição da quantidade de clorofila e do teor em carotenoides nos cloroplastos (α -, β - carotenos, luteína, violaxantina, neoxantina) e, por outro lado, o aumento dos carotenoides dos cromoplastos (criptoxantina, anteraxantina, zeaxantina, criptoflavina, neurosporeno e acumulação de fitoflueno); há a formação de compostos voláteis referidos acima e ocorre ainda uma alteração da textura do fruto, em que se verifica uma perda da firmeza, devido à degradação da parede celular.

Esta degradação deve-se à atividade de diversas enzimas sobre os diversos polissacarídeos que constituem a parede.

A endo- β -1,4-glucanase atua sobre a xiloglucana, degradando-a, e verifica-se um aumento da sua atividade durante o amadurecimento.

Sobre a pectina atua essencialmente a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG). A primeira remove os grupos metilo do ácido galacturónico esterificado e a sua atividade aumenta após duas semanas de armazenamento a baixas temperaturas. A atividade isolada desta enzima dá origem a fruta seca (farinhenta), com pouco sumo. A PG degrada cadeias pécticas desesterificadas (atua após a ação da PME) quebrando ligações glicosídicas internas por hidrólise. A degradação de pectinas por ação desta enzima é o fator mais importante da solubilização das pectinas e da perda de resistência da fruta.

As galactosidases atuam sobre a hemicelulose e sobre pectinas, removendo resíduos de galactose terminais das cadeias laterais destes polímeros.

A aplicação de cálcio reduz a perda de firmeza, pois o cálcio interage com as pectinas pelos grupos carboxílicos livres do ácido galacturónico (modelo caixa de ovos). Assim, o tratamento com cálcio aumenta a firmeza das frutas ².

II.2. Os hidrocoloides

Um hidrocoloide pode ser simplesmente definido como uma substância que forma um gel, por hidratação, quando entra em contacto com água ⁵.

Os hidrocoloides alimentares podem ser polissacarídeos ou proteínas que desempenham um papel importante na estrutura, na estabilidade e nas propriedades funcionais de muitos produtos alimentares ⁶. Devido às suas propriedades especiais, os hidrocoloides podem ser utilizados na estabilização de espuma, formação de filmes, controlo da cristalização, inibição de sinerese, encapsulação e formação de filmes ⁷.

Seguem-se alguns exemplos daqueles mais utilizados na indústria alimentar e mais propriamente nas aplicações relevantes para a Frulact.

II.2.1. Pectina

As pectinas são polissacarídeos, presentes nas paredes celulares das plantas, compostos por unidades de ácido galacturónico parcialmente esterificado e ramnose com cadeias laterais extensas contendo galactose e arabinose ⁸. De diferentes graus de esterificação (DM - *degree of methylation*) obtêm-se diversas pectinas:

- Pectinas de elevado grau de esterificação (pectinas HM): o grau de esterificação é acima de 50%. Estas gelificam em condições específicas de concentração de açúcar e acidez (gelificam num intervalo estreito de pH), em que as cadeias são parcialmente desidratadas e a carga negativa é suficientemente reduzida para permitir interações cadeia-cadeia.
- Pectinas de baixo grau de esterificação (pectinas LM): são pectinas esterificadas entre 30 a 50%. Gelificam na presença de cálcio, segundo o modelo caixa de ovos, sendo que a 30 % de esterificação é quando se regista maior reatividade com cálcio e 50 % menor (Figura 1).
- Pectinas de baixo grau de esterificação amidadas (pectinas LMA): na presença de grupos amida, estes moderam as ligações na caixa de ovos tornando a quebra e reformação de ligações entre as cadeias na estrutura em gel mais fácil por alterações térmicas ou deformações mecânicas.

As principais fontes de pectina, que são utilizadas para a sua produção comercial, são as cascas de frutos citrinos e resíduos de maçãs. Nos citrinos alcança-se um rendimento entre 20 a 40 % e nas maçãs é de 10 a 20 % ⁹.

As pectinas podem interagir com polímeros carregados positivamente uma vez que têm carga negativa, interagem também com gelatina a pH baixo e, pectinas HM interagem com alginato de sódio, permitindo a sua gelificação a concentrações mais baixas de açúcar sólido e num intervalo de pH mais alargado.

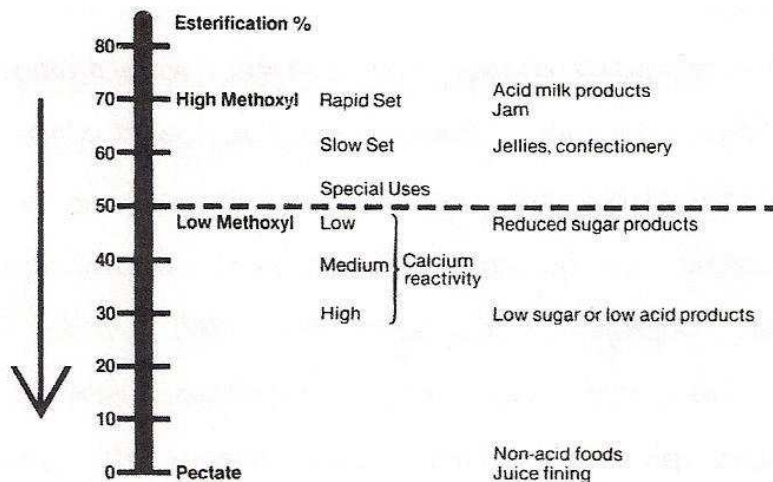


Figura 1. Relação do grau de esterificação das pectinas com a interação com o cálcio e os produtos alimentares ⁸.

II.2.2. Celulose

A celulose é o principal constituinte das paredes celulares das plantas.

Uma vez que, no trato digestivo humano não estão presentes enzimas que degradam a celulose, este polímero de glucose trata-se de uma fibra dietética e é importante na dieta humana para a manutenção dos movimentos peristálticos no intestino.

A celulose consiste em resíduos de β -D-glucopiranosil unidos por ligações 1 \rightarrow 4. Este polímero cristaliza na forma monocíclica com cristais tipo vara e as cadeias estão orientadas paralelamente na direção da fibra (Figura 2). A substituição química de alguns grupos hidroxil ao longo da cadeia origina éteres de celulose iónicos (carboximetil celulose) e não iónicos (metil celulose, hidroxipropil celulose, hidroxipropilmetil celulose)

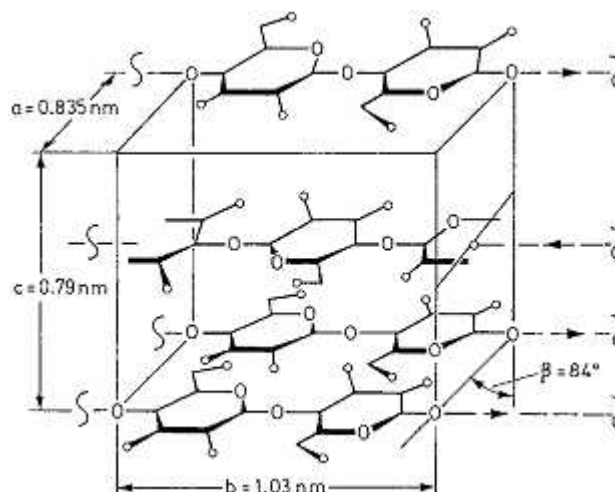


Figura 2. Célula unitária de celulose ⁹.

II.2.3. Amido

O amido é dos produtos vegetais mais abundantes e é das maiores fontes de energia mais baratas da dieta humana.

A forma mais comum contém duas moléculas estruturalmente distintas, a amilose e a amilopectina, num rácio de 1:3. A amilose é essencialmente uma cadeia linear de resíduos de α-D-glucose ligados entre si por ligações glicosídicas α-(1,4). A amilopectina é uma macromolécula ramificada produzida por transglicosilação de cadeias de α-D-glucose, ligadas por α-(1,4), de diversos comprimentos. Nos locais de ramificação as ligações que surgem são α-(1,6).

O amido é obtido de diversas fontes (milho, batata, trigo, arroz, batata doce, milho ceroso, etc.), sendo que as mais usuais são o milho, a batata, a mandioca e o trigo, donde se obtém amido nativo e modificado que, em 1980 perfazia cerca de 99% da produção mundial. Amidos de diferentes origens apresentam características individuais referentes à forma, tamanho, distribuição do tamanho, composição e cristalinidade dos grãos ⁹.

A gelatinização do amido é a transição dos seus grânulos do estado cristalino birefringente para um estado dilatado não birefringente. O amido pode ser gelatinizado por pressão ou temperatura. Por temperatura a gelatinização do amido ocorre quando é aquecido aos 90°C ou mais em água. Durante este processo ocorrem alterações irreversíveis, tais como, quebra de pontes de hidrogénio, absorção de água, dilatação, solubilização, etc., que geralmente são acompanhadas por aumento da viscosidade. A temperatura de gelatinização diminui com o uso de sais alcalinos e aumenta na presença de

alguns outros sais e açúcares, é ainda influenciada por surfactantes ou por aplicação de outros tratamento ¹¹.

II.2.4. Alginato

O alginato encontra-se em todas as algas castanhas (*Phaeophyceae*) por ser um componente das suas paredes celulares. A principal fonte comercial deste polissacarídeo é a gigante alga *Macrocystis pyrifera* mas também são utilizadas espécies de *Laminaria*, *Ascophyllum* e *Sargassum*.

Trata-se de um polímero de elevado peso molecular com secções rígidas e secções flexíveis. Os polímeros de alginato são sais de ácido algínico com grau de polimerização entre 100 e 3000 que corresponde a um peso molecular de 20.000 e 60.000 respetivamente ⁸. As unidades monoméricas do alginato e suas interações estão apresentadas na Figura 3.

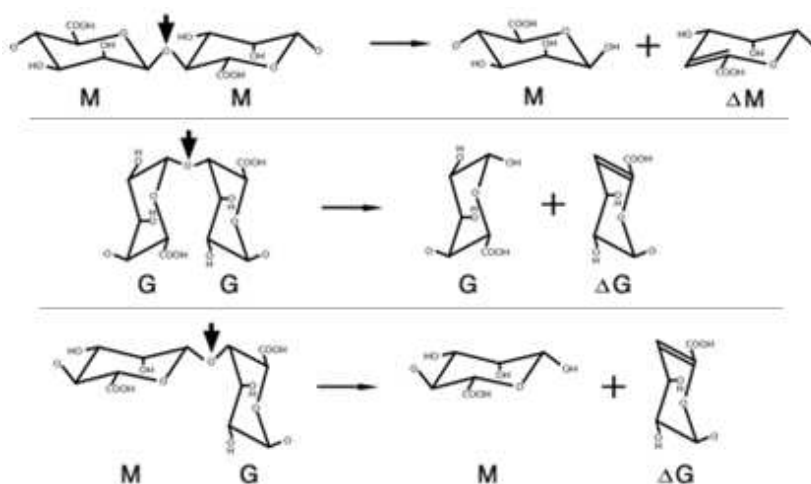


Figura 3. Unidades monoméricas constituintes do alginato e suas interações ¹². M é β-D-manuronato e G é α-L-guluronato.

Cadeias de G-G são mais rígidas, pelo que, alginatos mais ricos em α-L-guluronato originam géis com maior força; polímeros de M-M são mais flexíveis formando géis com menor força e, as ligações entre M e G são equatoriais/axiais e têm rigidez intermédia ⁸. O alginato é solúvel em água na forma de sal, de amónia, de magnésio ou de amina e a sua viscosidade depende do peso molecular e dos iões no sal ⁹.

O alginato tem função espessante, estabilizante e é ainda um agente gelificante. Em percentagem entre 0,25 e 0,5 % promove e estabiliza a consistência de recheios de produtos de pastelaria, temperos de saladas e chocolates de leite. Permite ainda a

prevenção de formação de grandes cristais de gelo nos gelados durante o armazenamento. É ainda muito utilizado numa variedade de produtos com textura de gel como pudins, géis de fruta, imitação de caviar, etc. e é ainda usado para estabilizar sumo de fruta fresca e a espuma da cerveja ⁹.

II.2.5. Agar

Tal como as carregeninas, o agar é extraído da alga marinha vermelha da classe *Rhodophyta*. O agar existe nas algas em forma de gel à temperatura do ambiente natural da alga ¹³.

São polissacarídeos lineares constituídos por resíduos de galactose ligados, alternadamente, por ligações β -(1,3) e α -(1,4). O agar difere das carrageninas no resíduo ligado por α -(1,4) que se trata de um enantiómero L, enquanto nas carrageninas é o enantiómero D ¹³.

Para ficar em solução o agar necessita de calor e no arrefecimento (abaixo de 40°C), as soluções quentes tornam-se um gel, volta a fundir quando sujeito de novo a temperaturas elevadas (80-90°C). Tem-se demonstrado que o agar apresenta uma estrutura em dupla hélice quando forma o gel, mas existem ainda outros estudos que apontam para outras formas de agregação das fibras de agarose na gelificação, mantendo-se ainda em estudo este processo ¹³.

O gel de agar é amplamente utilizado na realização de meios de cultura em microbiologia. Na área alimentar a sua utilização baseia-se nas suas propriedades de resistência ao calor, na sua atividade emulsionante e estabilizante. É adicionado a gelados e a sobremesas frias de sumos de fruta, açúcar e água ou leite em concentrações de cerca de 0,1 %. Em concentrações entre 0,1 e 1 % é utilizado em iogurte, como estabilizante, em alguns queijos, doces e produtos de panificação ⁹.

II.2.6. Goma Gelana

Este hidrocoloide é um polissacarídeo extracelular da bactéria *Pseudomonas elodea*, composto por unidades de tetrassacarídeos constituídas por 1,3- β -D-glucose; 1,4- β -D-ácido galacturónico; 1,4- β -D-glucose e 1,4- α -L-ramnose. Na sua estrutura encontram-se ainda grupos acil e acetil como representado na Figura 4 ^{14 8}.

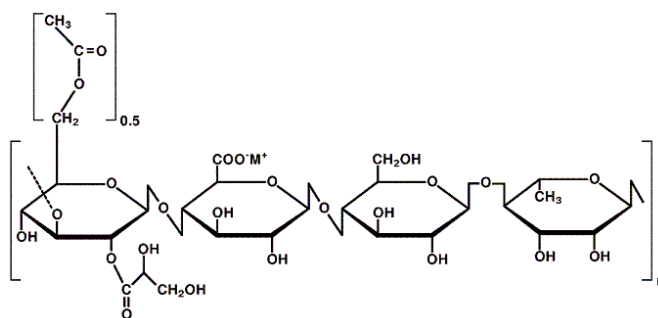


Figura 4. Unidade repetida do tetrassacarídeo que constitui a goma gelana.

Produz gel a baixas concentrações, quando soluções quentes desta goma são arrefecidas. Em água fria só uma parte da goma fica hidratada (o restante encontra-se na forma dispersa), sendo necessário aquecer a dispersão até pelo menos 70°C para uma hidratação completa. O gel proveniente da hidratação desta goma pode adquirir diversas texturas e na presença de catiões é coesivo e elástico de forma semelhante aos géis de goma xantana-farinha de sementes de alfarroba ¹⁴.

II.2.7. Carragenina

A carragenina é um polissacarídeo linear e sulfatado de elevado peso molecular composto por uma sequência repetida de dissacarídeos de β-D-galactopirranose, ligados glicosidicamente nas posições 1 e 3, e α-galactopirranose ligados pelas posições 1 e 4 ^{8 15}.

São extraídas de várias espécies da alga marinha vermelha *Rhodophyta* conhecidas por algas carraginófitas. Das diversas classes de carragenina existentes, são três delas as mais importantes do ponto de vista comercial: a carragenina k (kapa), a ι (iota) e a λ (lambda). A primeira é a mais utilizada na panificação devido à sua capacidade de gelificação. A carragenina ι apresenta uma estrutura em dupla-hélice coaxial e requer iões de cálcio para originar um gel flexível e termoreversível, é utilizada em produtos à base de fruta. Por fim a carragenina λ é uma variação que não gelifica mas auxilia nas ligações, na retenção de humidade e contribui para a viscosidade em massas doces ^{15 8}. A Tabela 1 apresenta um resumo das propriedades destas três carrageninas, que são comumente utilizadas em conjunto.

Tabela 1. Propriedades das três principais carrageninas ⁸.

Propriedades das carrageninas	k	ι	λ
Solubilidade	Água (80 °C)	Sim	Sim
	Água (20 °C)	Solúvel em sal de Na ⁺ Incha em sais de K ⁺ , Ca ²⁺ e NH ₄ ⁺	Solúvel em sal de Na ⁺ Incha para formar dispersões tixotróficas em sal de Ca ²⁺
	Leite (80 °C)	Sim	Sim
	Leite (20 °C)	Não	Não
	Solução 50% açúcar	Quente	Não
	Solução 10% sal	Não	Quente
Gelificação	Gel mais forte	Com K ⁺	Com Ca ²⁺
	Textura do gel	Quebradiço	Elástico
	Re-gelificação após agitação forte	Não	Sim
	Sinerese	Sim	Não
	Estabilidade de congelamento e descongelamento	Não	Sim
	Sinergismo com farinha de semente de alfarroba	Sim	Não
	Sinergismo com goma konjac	Sim	Não
	Sinergismo com amido	Não	Sim
Estabilidade	pH > 3,5	Estável	Estável
Tolerância ao sal	Pobre	Boa	Boa

II.2.8. Goma Xantana

Trata-se de um polissacarídeo produzido pela bactéria Gram negativa *Xanthomonas campestris*, por fermentação.

É constituída por uma cadeia de β-D-glucose ramificada com cadeias laterais constituídas por acetil-α-manose, ácido β-galacturônico e manose. A cadeia de glucose está ligada aos trissacarídeos por ligação covalente. O terceiro monômero dos trissacarídeos

(manose) está por vezes ligado a um grupo piruvil ⁸. Esta estrutura está representada na Figura 5.

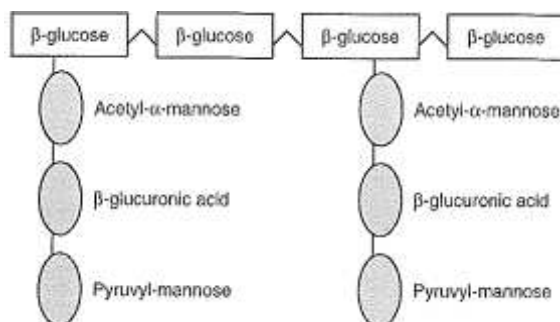


Figura 5. Representação esquemática da estrutura primária da goma xantana.

Os géis de goma xantana têm elevada viscosidade, mesmo a baixas concentrações, devido à sua conformação muito rígida e ao seu elevado peso molecular, sendo que a sua viscosidade aumenta com a concentração de açúcar e a proporção de goma. Este hidrocoloide tem envoltimentos reversíveis a concentrações muito baixas e apresenta forte pseudoplasticidade. Esta goma é estável num alargado intervalo de pH (2,5 a 11,0) sendo que quanto maior a concentração da mesma, mais estável é a solução. Quanto à temperatura, ela apresenta-se estável entre 10 e 90 °C e, na presença de sais é ainda mais estável ⁸.

A goma xantana interage com diversos outros polissacarídeos, formando diversos tipos de géis. As interações mais conhecidas são com as galactomananas goma guar e farinha de sementes de alfarroba.

II.2.9. Goma Guar

A goma guar é constituída por unidades de β-D-manopiranosil, ligados por ligações 1→4, e de D-galactopiranosil, ligadas à cadeia principal por ligações α(1→6), na proporção 2:1. O seu peso molecular é cerca de $2,4 \times 10^6$ ¹⁶. A goma guar é obtida do endosperma da semente da planta leguminosa *Cyamopsis tetragonoloba*, por remoção da cutícula e do embrião ⁹. Esta goma pode ser dispersa em água fria. Para utilização na indústria alimentar, a cadeia desta goma pode ser reduzida por processos de despolimerização originando produtos com diferentes propriedades para diversas aplicações ¹⁷.

Esta goma apresenta um fraco sinergismo com a goma xantana, mas o uso desta aumenta a estabilidade térmica da outra. Originalmente, a goma xantana origina géis com comportamento semi-sólido e a goma guar forma um fluido não-newtoniano viscoso ^{8 18}.

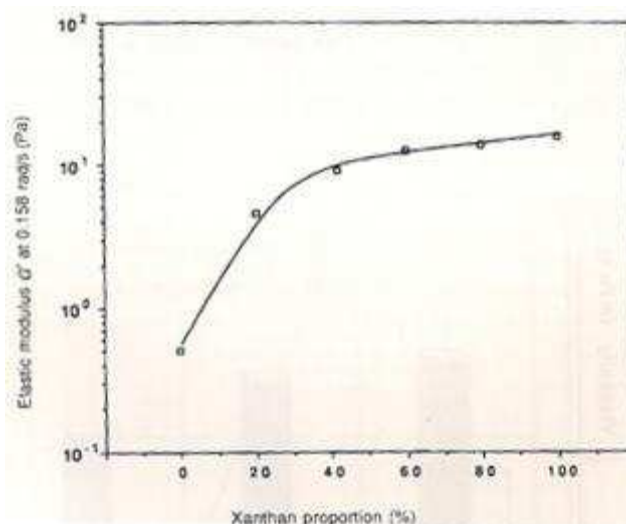


Figura 6. *Elastic modulus* de misturas de goma xantana-goma guar em função do rácio da mistura com 1% de concentração total de goma e em 1% de soluções de cloreto de potássio ⁸.

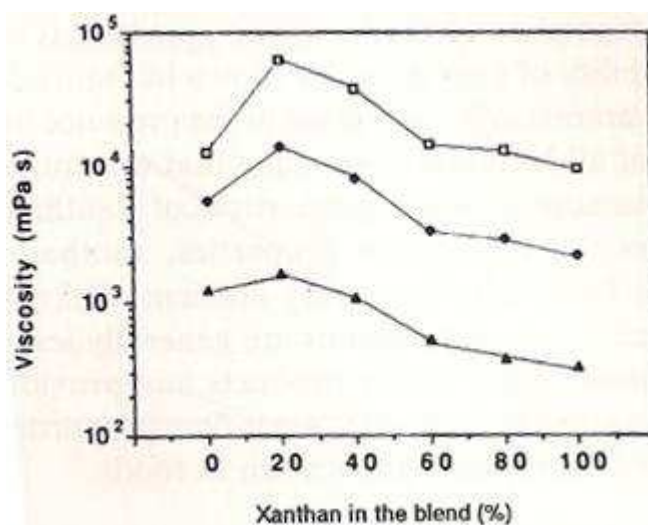


Figura 7. Viscosidade de misturas de goma xantana-goma guar em função do rácio da mistura a diferentes taxas de deformação em água destilada a 1% de concentração total de goma. Taxas de deformação: □ 0,2 s⁻¹; ◆ 1,6 s⁻¹; ▲ 21 s⁻¹.

Com análise da Figura 6 verifica-se que a goma guar tem baixa elasticidade e a goma xantana aumenta consideravelmente este valor. No caso da viscosidade, pode-se verificar pela Figura 7, que a goma xantana tem um efeito positivo neste valor quando adicionada na quantidade de 20 e 40 %. A Figura 8 demonstra que a goma guar aumenta a viscosidade do

gel de goma xantana e, esta, por sua vez aumenta drasticamente a termoestabilidade da goma guar⁸.

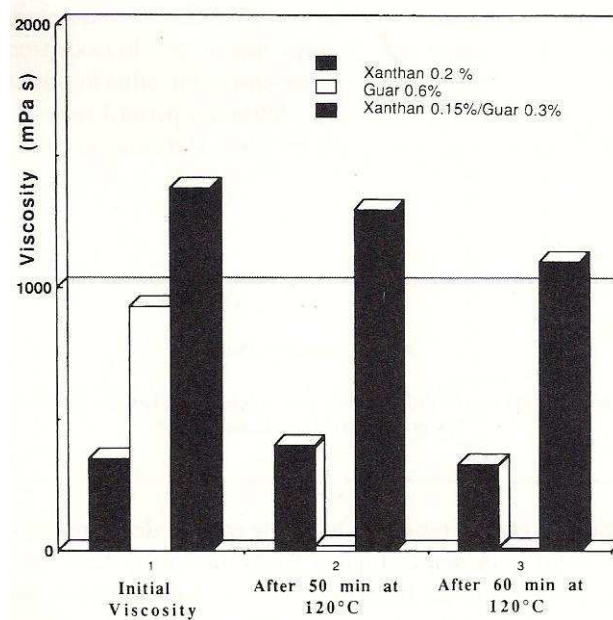


Figura 8. Termoestabilidade das gomas xantana e guar em água⁸.

Diversos estudos revelaram efeitos clínicos da goma guar despolimerizada quando adicionada em pão de trigo, nomeadamente na redução do colesterol em indivíduos hipercolesterolémicos^{16,19}.

Segundo o regulamento da Comissão Europeia N.º 432/2012, alimentos que proporcionem uma ingestão diária de 10 g de goma guar, pode ser feita a alegação de que contribuem para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue, desde que, seja feita a advertência de asfixia para pessoas com dificuldades de deglutição ou quando ingeridos com uma quantidade insuficiente de líquido²⁰.

II.2.10. Farinha de sementes de alfarroba

As sementes de alfarroba consistem em 30-33% de invólucro, 23-25% de embrião e 42-46% de endosperma. Para a obtenção da farinha, as sementes são moídas e o endosperma separado e recolhido (Figura 9)⁹.

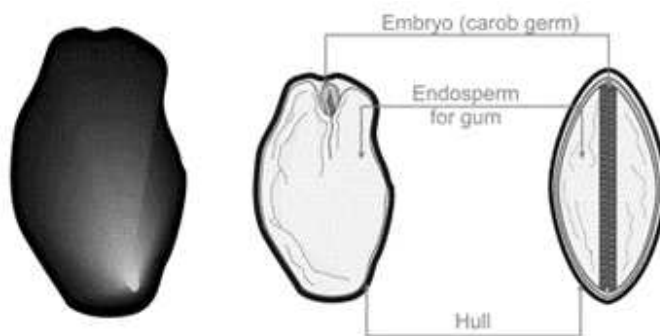


Figura 9. Ilustração da semente de alfarroba.

A farinha de sementes de alfarroba tem os mesmos açúcares que a goma guar, porém, na proporção 4:1, é menos ramificada e tem uma distribuição mais favorável da galactose, exibindo uma interação mais forte com a goma xantana ⁸.

A Figura 10 demonstra um comportamento pseudoplástico mais acentuado em géis de xantana e farinha de semente de alfarroba comparativamente à pseudoplasticidade de géis de apenas goma xantana.

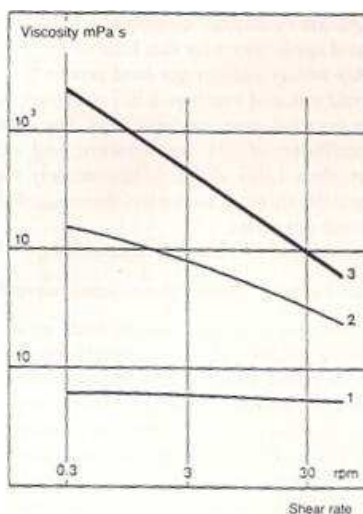


Figura 10. Viscosidade de soluções de goma xantana-farinha de sementes de alfarroba com 0,1% de concentração total de goma. 1, farinha de sementes de alfarroba; 2, goma xantana; 3, goma xantana-farinha de sementes de alfarroba (50:50) ⁸.

A concentrações de goma acima de 0,2%, misturas de goma xantana e farinha de sementes de alfarroba formam géis fortes, coesivos, termoreversíveis e de baixa sinerese (Figura 11). A força dos géis desta mistura é fortemente dependente da proporção de cada goma. O rácio óptimo está entre 40:60 e 60:40. No entanto, é considerado que estes géis são demasiado elásticos, coesivos e não quebradiços, tornando-se desagradáveis para

ingerir. Porém, esta questão pode ser ultrapassada com a utilização de goma gelana em diferentes proporções, pois irá fornecer uma larga escala de texturas entre duras, quebradiças, moles e elásticas ⁸.

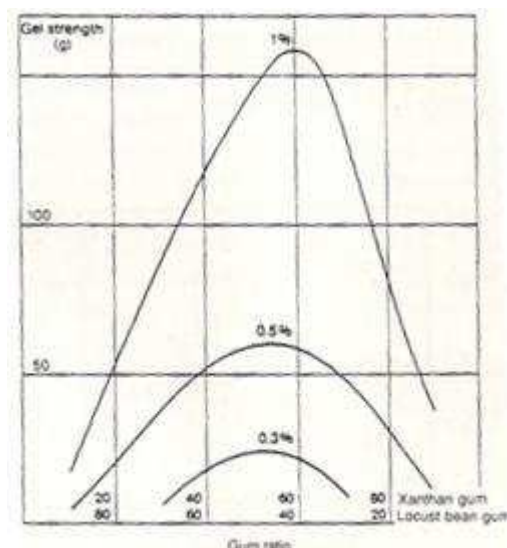


Figura 11. Efeito do rácio de goma na força do gel de goma xanta-farinha de sementes de alfarroba. Força de gel determinada 20°C ⁸.

II.3. Filmes edíveis

Filmes edíveis podem ser definidos como uma camada fina de um material que cobre a superfície de um alimento e pode ser ingerido como parte do produto ²¹. Distinguem-se dos revestimentos edíveis pelo facto de sofrerem moldagem em folhas sólidas que são depois aplicadas como invólucro ao produto alimentar, enquanto que os revestimentos são aplicados na forma líquida, geralmente por imersão do alimento na solução formadora da matriz estrutural (hidratos de carbono, proteínas, lípidos ou misturas) ²². Os filmes edíveis têm vindo a ser principalmente aplicados na proteção de fruta ²³, queijos ²⁴ e carnes ²⁵.

II.3.1. Propriedades físicas dos filmes edíveis

Os consumidores têm demonstrado uma preocupação crescente com a proteção ambiental o que tem despoletado o desenvolvimento de novos materiais de embalagem.

Os filmes edíveis são aplicados na conservação de alimentos para que sejam reduzidos os custos e a quantidade de embalagens não degradáveis utilizadas ²⁶. Esta sua aplicação deve-se ao seu potencial enquanto barreira protetora contra humidade, gases e

solutos e, enquanto suporte de diversos aditivos, tais como agentes antimicrobianos, antioxidantes, nutracêuticos, corantes e aromas. Deste modo, permitem o aumento do *shelf-life* do produto e respondem à procura dos consumidores por produtos mais naturais e menor contaminação do ambiente ^{10, 27}.

II.3.1.1. Propriedades de barreira

As propriedades de barreira, que são geralmente consideradas para caracterizar a aptidão dos filmes de proteger o alimento de agressões ambientais, são a permeabilidade ao vapor de água (WVP - *water vapor permeability*) e a permeabilidade a gases; a permeabilidade a aromas e óleos, são importantes na maioria dos alimentos apesar de representarem um menor alvo de estudos. Permeabilidade é definida como a taxa de transmissão de vapor através de uma unidade de área de material plano e espessura unitária, induzida por uma diferença de unidade de pressão entre os dois lados do material, sob condições específicas de temperatura e humidade ²⁸.

A atividade da água (a_w), que depende do teor em humidade e das interações das moléculas de água com outras moléculas dos ingredientes, é um dos fatores críticos que afeta a qualidade sensorial e o *shelf-life* de um alimento, pois, durante o armazenamento, a velocidade das reações químicas e enzimáticas depende do valor de a_w .

Vários estudos têm sido feitos para diminuir a WVP dos filmes edíveis. Martins, et al. ²⁹ aferiram que a adição de carragenina k melhora as propriedades de barreira de filmes de farinha de sementes de alfarroba diminuindo a WVP. Outra forma de diminuir esta permeabilidade é a adição de compostos hidrofóbicos. A adição de lípidos para formar filmes emulsionados de carragenina ι e alginatos de sódio diminui a transferência de vapor de água, podendo este filme ser utilizado para encapsular substâncias ativas ou aromas ³⁰. Pelo contrário a adição de gelatina de peixe a soluções de amido (32-34% de amilose) aumenta a WVP ³¹. Em filmes de farinha de sementes de alfarroba, Bozdemir and Tutas ³² verificaram que o glicerol foi o agente plastificante utilizado que promoveu maiores valores de WVP, comparativamente aos restantes testados (propileno glicol, sorbitol e polietileno glicol 200). Outro estudo mostrou que a WVP aumenta com o teor em polietileno glicol bem como com o peso molecular do mesmo ³³. Em filmes contendo glúten de trigo verificou-se que o aumento da temperatura de tratamento (de 40°C a 80°C), bem como o aumento do pH da solução formadora de filme, diminuiu a WVP ³⁴.

A permeabilidade ao oxigénio é das propriedades de transporte mais estudadas em filmes edíveis, uma vez que, este gás está envolvido em reações de degradação de alimentos, tais como o acastanhamento enzimático, oxidação de lípidos, crescimento microbiano e perda de vitaminas. Filmes de proteínas e polissacarídeos reportam uma excelente barreira ao oxigénio devido à sua estrutura de rede de hidrogénios ligados ordenadamente ²⁸. A permeabilidade ao oxigénio depende de vários fatores (temperatura, espessura, etc.) e é fortemente influenciada pela humidade relativa. Em condições de baixa humidade, os filmes apresentam boas propriedades de barreira ao oxigénio ³⁵. Para melhorar a proteção do alimento à oxidação, são por vezes adicionados agentes antioxidantes ao filme edível ³⁶.

II.3.1.2. *Propriedades mecânicas*

Os filmes edíveis devem possuir força e extensibilidade adequadas, de forma a manter a integridade e a resistir a stress externo que prevalece ao longo do processo, manuseamento e armazenamento ²⁸.

As propriedades mecânicas dependem, obviamente, do tipo de hidrocoloide utilizado, mas também das condições de formação do filme, como por exemplo, do tipo de solvente, a velocidade de arrefecimento ou evaporação, etc. ³⁷.

Os métodos mais utilizados para analisar as propriedades mecânicas dos filmes são os testes de tensão, dos quais são tornadas conhecidas a *tensile strength* (TS), a elongação (*E*) e o *elastic modulus*. TS é definida como o máximo de tensão que o material pode sustentar, é dada pela carga máxima exercida sobre o material no teste. *E* é a alteração máxima em comprimento que o material sofre antes de quebrar e é expressa em percentagem de alteração segundo a distância inicial entre o material e a sonda da máquina de teste ³⁸. *Elastic modulus* é dada pelo declive na zona inicial linear da curva tensão/deformação ³⁹. *E* aumenta com o aumento do teor em água no revestimento, enquanto TS e *elastic modulus* diminuem ⁴⁰.

A adição de um agente plastificante provoca uma redução na TS e um aumento da *E*, pelo que, o aumento da concentração de agente plastificante, torna o filme menos duro e rígido e, portanto, mais extensível ⁴⁰.

II.3.1.3. Propriedades de superfície

As características de superfície dos filmes como a coesão e a adesão apresentam considerável importância, uma vez que se pretende a sua aderência à superfície do alimento. Coesão é a consequência da sua aptidão em formar ligações moleculares fortes e/ou numerosas entre cadeias poliméricas adjacentes, impedindo ou dificultando a sua separação. Depende da estrutura do polímero e, principalmente, da sua força molecular, geometria e distribuição do peso molecular, depende ainda do tipo e da posição dos grupos funcionais laterais ³⁷. Os agentes plastificantes reduzem a coesão de polímeros formadores de filmes ³⁷, o que pode ser melhorado, por exemplo, com a adição de surfactantes que reduzem a tensão superficial e melhoram a molhabilidade ⁴¹.

II.3.1.4. Propriedades óticas

A cor e a transparência dos filmes edíveis são características importantes, pois o consumidor dá importância ao aspecto externo do produto alimentar, tanto no momento da compra como no momento da ingestão ⁴².

Existem muitos sistemas de notação de cor, sistema RGB, sistema de Munsell e sistemas CIE – Comissão Internacional de Iluminação (CIE L* a* b*, CIE LCH, CIE XYZ e CIE Yxz) ⁴³. Os modelos de cor CIE permitem representar numericamente as cores que o olho humano percebe e são os mais utilizados.

As medições são conduzidas com um colorímetro e a diferença total de cor, ΔE^* , é expressa num único valor numérico, que indica a magnitude da diferença de cor, mas não a qualidade dessa diferença ⁴⁴.

II.3.1.4. Fatores que afetam as propriedades físicas dos filmes edíveis

Um componente importante utilizado é o agente plastificante que aumenta a flexibilidade e a extensibilidade dos filmes.

Em filmes de kefir, o aumento da concentração de glicerol aumentou a flexibilidade e a WVP dos mesmos. Nestes filmes o glicerol mostrou-se ser mais adequado do que o sorbitol ⁴⁵. O mesmo se verifica em outros filmes ditados na literatura, sendo que, para cada tipo de filme surge um agente plastificante mais adequado que outros, bem como a quantidade em que é adicionado e o seu peso molecular.

O glicerol é o mais utilizado por apresentar melhor estabilidade e compatibilidade com cadeias biopoliméricas hidrofílicas em comparação com o sorbitol, o polietileno glicol e açúcares^{39, 45-46}. Em filmes obtidos de semente de *Plantago ovata* Forsk, o aumento da concentração de glicerol aumentou a *E*, e diminuiu a TS e o *elastic modulus*⁴⁷. O aumento da concentração e do peso molecular de polietileno glicol em filmes de farinha de sementes de alfarroba, aumenta a permeabilidade dos mesmos³³ e diminui a TS e a *E*^{46a}.

O pH é também um fator importante e com influência nas propriedades dos filmes. O aumento do pH (de 2 a 5) da solução formadora de filme diminui a WVP e TS e aumenta a *E* de filmes de konjac, quitosana e proteína de soja isolada⁴⁸, em filmes de glúten de trigo, o aumento do pH (de 9 a 13) diminuiu a WVP e a *E*, e aumentou a TS³⁴. Em filmes de proteína de fava isolada, o aumento do pH (de 7 a 12) aumentou a TS e a *E*, bem como a ΔE^* ²⁷.

O solvente utilizado, bem como a sua concentração, afetam as propriedades dos filmes. O aumento da concentração de etanol aumentou a WVP e a *E*, e diminuiu a TS³⁴.

O aumento da temperatura de tratamento (de 40°C a 80°C) aumentou a TS, mas o comportamento da *E* foi diferente, aumentou até 50°C mas a partir deste valor, *E* foi inferior ao encontrado a 40°C³⁴.

Outro fator que influencia as propriedades dos filmes é a espessura dos mesmos. Sendo necessário conhecer a espessura do filme formado e ter esse valor em conta para determinar a WVP, a permeabilidade a gases entre outras, bem como as propriedades mecânicas^{34, 47}.

II.3.2. Processo de elaboração de filmes edíveis

Na formação de filmes edíveis podem ser utilizados polissacarídeos, proteínas e lípidos e, geralmente, procura-se que resultem num filme neutro relativamente a cor e sabor. Os lípidos são incorporados em filmes de hidrocolóides para melhorar as suas características de barreira à água, para alterar a sua aparência visual ou aumentar a flexibilidade dos filmes⁴⁹.

O processo de elaboração, em geral, engloba a dispersão do hidrocoloide ou a preparação da solução proteica⁵⁰, seguida da adição do plastificante e/ou outros aditivos quando pretendidos e, homogeneização da mistura. Depois, é efetuada a remoção de bolhas de ar geradas por vácuo ou, quando não é possível, recorre-se à desgaseificação sob

pressão ^{46a}, ou ainda recorrendo a um sonificador ⁵¹. A solução pode ser novamente aquecida antes de ser espalhada e, por fim, aguarda-se pela secagem e formação do filme. O mais comum é a secagem à temperatura ambiente que pode demorar entre 48 h (25°C) a 8 h (30°C) ^{27, 30, 33, 45-46, 51a} dependendo do tipo de molécula ou mistura utilizada. Misturas mais complexas como de glucomanana konjac, quitosana e proteína de soja isolada, demoraram 20 h a 50°C ⁴⁸.

Kaya and Kaya ⁵² avaliaram o efeito da secagem de filmes de proteína do soro isolada em micro-ondas. O tempo de secagem dos filmes a 20°C foi de 18h contra os 5 min no micro-ondas, não se tendo verificado qualquer ebulição ou formação de bolhas.

Um método de produção de filme de amido de tapioca por extrusão foi apresentado por Flores, et al. ⁵³ (Figura 12). Neste filme em que foi utilizado glicerol como agente plastificante, goma xantana e sorbato de potássio, verificou-se que a tecnologia apresentada manteve a capacidade do sorbato de potássio atuar enquanto conservante e o filme obtido era flexível e homogêneo. Foi estudado também o recurso a este método em amidos com diferentes graus de amilose e verificou-se que elevado teor em amilose aumenta a dificuldade do processo de extrusão, o que pode ser ultrapassado por aumento da temperatura ou da humidade do processo ⁵⁴.

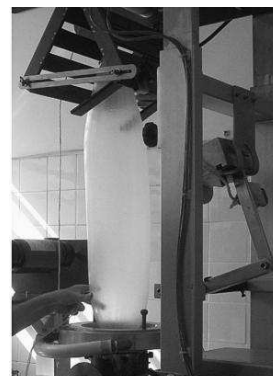


Figura 12. Processo de extrusão para formação de filme de amido de tapioca.

II.3.3. Hidrocoloides utilizados na elaboração de filmes edíveis

Os hidrocoloides apresentam boa aptidão para formar matrizes contínuas e coesivas com propriedades mecânicas adequadas a filmes ⁵⁵, devido à sua estrutura química que permite a associação das suas cadeias poliméricas através de pontes de hidrogénio ¹⁰.

Uma das características mais importantes procuradas num biopolímero para criar filmes edíveis é a sua competência para formar redes resistentes, uma vez que, se pretende que o filme apresente propriedades de barreira seletivas. Tem sido reportada a baixa permeabilidade ao oxigénio dos filmes de hidrocoloides mas, por outro lado, encerram uma elevada WVP.

II.3.3.1. Celulose e derivados

Os derivados de celulose mais comuns comercialmente são a carboximetil celulose, a metil celulose, a hidroxipropil celulose e hidroxipropilmetil celulose, estes podem ser dissolvidos em soluções aquosas e têm boas características formadoras de filme. Os filmes gerados são geralmente sem odor nem sabor, flexíveis e com força moderada, são transparentes, solúveis em água, resistentes a gorduras e óleos e moderada permeabilidade a humidade e oxigénio ⁵⁶.

A adição de nanocristais e nanofibras de celulose reduz a afinidade à humidade de filmes de gelatina ⁵⁷ e de puré de manga ⁵⁸ respetivamente.

II.3.3.2. Amidos e derivados

A amilose tem uma excelente aptidão para formar filmes, sendo estes isotrópicos, sem odor, nem sabor, nem cor. Com a adição de um agente plastificante apropriado é possível obter filmes com propriedades mecânicas adequadas, sobretudo em filmes ricos em amilose. Foi demonstrado que filmes produzidos a partir de amido de milho rico em amilose (71%) não apresentam permeabilidade ao oxigénio em níveis de humidade relativa inferiores a 100% ⁵⁹. No entanto, o comportamento mecânico dos filmes de amido pode ser afetado pela tendência da amilose em sofrer retrogradação, quando as duplas hélices de amilose e amilopectina formam uma rede fisicamente interligada e os materiais à base de amido se tornam mais rígidos ⁶⁰.

Menores taxas de gelatinização e secagem geram filmes com superior *elastic modulus* e grau de cristalização. Por outro lado, elevadas taxas de gelatinização e secagem reduzem as propriedades mecânicas e de barreira ao vapor de água, devido ao facto de se obter uma estrutura mais amorfa na matriz do filme ⁶¹.

Morfologicamente, filmes de amido e gelatina mostraram superfícies mais suaves com o aumento do teor proteico nas amostras com glicerol ou sorbitol como agentes plastificantes ³¹.

Está protegido um papel edível com boas características de suporte de várias substâncias funcionais, e é elaborado à base de amido e outros hidrocoloides como a goma xantana, gelana e konjac e outro agente auxiliar para a formação de filme ⁶².

II.3.3.3. Extratos de algas marinhas

Os alginatos formam filmes fortes e muito quebradiços com baixa resistência à água, porém, têm a capacidade de interagir irreversivelmente com catiões metálicos polivalentes, em particular o cálcio, formando polímeros insolúveis em água. O cálcio liga-se ao alginato pelos blocos G, pelo que diferentes proporções de G originam filmes com diferentes resistências à água ⁶³.

A reação com o cálcio é de tal modo instantânea que o espalhamento/moldagem para a formação do filme se torna difícil, sendo necessário um *design* experimental mais elaborado ⁶⁴.

Filmes de carragenina ι possuem boas características mecânicas, estabilizam emulsões e diminuem a transferência de oxigénio, podem prevenir a desidratação da superfície e a deterioração do sabor de frutas e queijos. Estes filmes podem também ser usados para encapsulamento de substância ativas ⁶⁵.

Os filmes de carragenina λ apresentam elevada WVP, aumentando este fator em filmes de lípidos e caseinato de sódio. Na ausência de plastificantes, a carragenina λ promoveu a rigidez dos filmes de caseinato de sódio e reduziu a sua WVP em concentrações baixas de cera de abelha verificando-se o contrário em proporções deste lípido superiores a 50% ^{49c}.

A adição de carragenina k a filmes de farinha de sementes de alfarroba permite a formação de filmes edíveis com propriedades de barreira e mecânicas melhoradas, com o ajuste dos rácios utilizados ²⁹.

Encontram-se diversas patentes protetoras de filmes de alginato ⁶⁶, carragenina ^{25, 67} e ambos ⁶⁸.

II.3.3.4. Galactomananas

As propriedades de filmes de farinha de sementes de alfarroba são fortemente influenciadas pelo agente plastificante utilizado. Contrariamente ao que acontece com a maioria dos hidrocoloides utilizados na elaboração de filmes edíveis, o agente mais adequado para estes filmes e que promove menores valores de WVP, é o polietileno glicol ^{10, 32}.

A transmitância de luz total diminui com a quantidade e o peso molecular de polietileno glicol adicionado ao filme ^{46a}.

Estudos com filmes de goma guar (despolimerizada com mananase) e farinha de sementes de alfarroba mostraram que um menor teor em galactose conduz a superior E e TS ⁶⁹.

II.3.3.5. Pectinas

Pectinas HM formam filmes com baixa seletividade, o que pode ser promissor para a sua aplicação no equilíbrio de embalagens de atmosfera modificada ⁷⁰. Baeva and Panchev ⁷¹ estudaram as capacidades protetoras de filmes de pectina HM num bolo dietético sem sacarose e não verificaram alterações na microestrutura após seis dias de armazenamento no miolo do bolo coberto com filme de pectina ao contrário do ocorrido no bolo sem filme.

Foi estudada a capacidade de filmes de pectina HM em reter ácido ascórbico, tendo-se verificado que a microestrutura destes filmes apresentam melhor imobilização das moléculas de água e estabilidade do ácido do que filmes de goma gelana ⁷².

Os filmes de pectinas LM tornam-se mais duros e menos flexíveis com o aumento da concentração de pectina ⁷³.

Diversas patentes estão estabelecidas para proteger, formulações e métodos de produção de filmes edíveis à base ou que contenham pectinas, que dão origem a filmes capazes de inibir a transmissão de oxigénio, dióxido de carbono e a vaporização de água de frutos e vegetais ⁷⁴.

II.3.4. Incorporação de fruta e legumes em filmes edíveis

Sothornvit and Pitak ⁷⁵ estudaram o efeito da farinha de banana, glicerol e pectina na permeabilidade ao oxigénio e propriedades mecânicas em filmes de banana. A permeabilidade ao oxigénio mostrou ser independente do teor em pectina e glicerol mas o aumento do teor em farinha de banana, aumenta significativamente o seu valor. Quanto maior o teor em farinha de banana e pectina, maior a força do filme, o *elastic modulus* e a TS, mas menor a E . Pelo contrário, o aumento da quantidade de glicerol no filme reduz a sua força e melhora a sua flexibilidade, diminuindo o *elastic modulus* e a TS e aumentando a E . Estes autores verificaram ainda que estes filmes eram bons isolantes e, por isso, passíveis de serem utilizados como saquetas para alimentos secos.

Um filme de pectina contendo puré de maçã (26%) e com atividade antimicrobiana, por adição de antimicrobianos naturais, foi desenvolvido por Rojas-Grau, et al. ⁷⁶. Os

filmes demonstraram capacidade antimicrobiana devido à capacidade de suporte dos óleos essenciais utilizados. Estes óleos permitiram ainda a diminuição da WVP, mas aumentaram a permeabilidade ao oxigénio, no entanto, não alterou significativamente a propriedades mecânicas do filme.

Certos frutos e vegetais, na forma de puré, como o pêsego, o morango, o alperce, a maçã, a pêra, a cenoura e bróculos, têm potencial para formar filmes edíveis naturais, embora que com fracas propriedades de barreira ⁷⁷. O filme de puré de manga fornece uma boa barreira ao oxigénio e propriedades mecânicas suficientes para ser passível de envolver fruta inteira, onde reduziu a perda de peso e estendeu o período de amadurecimento de mangas frescas inteiras ⁷⁸. O filme de manga foi mais tarde avaliado quanto à sua capacidade de prolongar o *shelf-life* de manga fresca cortada e armazenada em atmosfera modificada. Em armazenamento a 5°C tanto a manga revestida como a não revestida teve *shelf-life* de 6 dias, no armazenamento a 30°C, a manga não revestida e revestida manteve a sua qualidade durante 3 e 4 dias respetivamente ^{77a}.

Em diversos filmes com fruta tem sido adicionada celulose ou derivados, para melhorar as propriedades físico-químicas dos mesmos. A incorporação de fios de celulose a filmes de alginato e puré de acerola melhorou as suas propriedades de barreira ao vapor de água, bem como a sua TS e *elastic modulus*, ou seja, melhorou a aplicabilidade do filme enquanto revestimento edível ⁷⁹. A adição de nanofibras de celulose a filmes de puré de manga melhora as suas propriedades, num estudo de Azeredo, Mattoso, Wood, Williams, Avena-Bustillos and McHugh ⁵⁸, estas fibras aumentaram a TS e o *elastic modulus* especialmente a concentrações elevadas, e diminuiu a WVP. Em filmes de puré de cenoura, a carboximetil celulose não afetou significativamente a *E*, nem a permeabilidade ao oxigénio, nem a WVP mas melhorou significativamente a TS ⁸⁰.

II.3.5. Legislação relativa a filmes edíveis

Filmes edíveis que suportem substâncias ativas como, agentes antimicrobianos, antioxidantes, entre outros, são considerados filmes ativos. Definições declaradas no Regulamento da Comissão Europeia N.º 450/2009, considera que materiais e objetos ativos são “materiais e objetos que se destinam a alargar o prazo de validade dos alimentos ou a manter ou melhorar o estado dos alimentos embalados. São concebidos de forma a incorporar deliberadamente componentes que libertem substâncias para os alimentos

embalados ou o ambiente que os envolve ou que absorvam tais substâncias desses alimentos ou do ambiente que os envolve”⁸¹.

De acordo com a legislação dos EUA, revestimentos e filmes edíveis são considerados parte do alimento, deste modo, os seus ingredientes devem obedecer ao código de regulamentos federais (*Code of Federal Regulations*) e devem ser declarados no rótulo segundo a *Federal Food, Drug, And Cosmetic Act*¹⁰.

A UE considera que filme edível é uma parte ativa especial do alimento e deve ser considerado um género alimentício juntamente com o alimento embalado no filme, tendo que cumprir os requerimentos gerais dos alimentos⁸².

Outro tópico importante no regulamento é a presença de alergénios. Muitos filmes ou revestimentos são feitos ou contêm ingredientes que alergénios como o glúten ou proteína de amendoim. Assim, a presença de alergénios deve estar devidamente evidenciada no rótulo do produto alimentar⁸³.

Finalizada a pesquisa bibliográfica, retifica-se que até hoje, os filmes edíveis foram sempre desenvolvidos na ótica da proteção do produto alimentar ou do suporte de aditivos e nunca foram julgados enquanto enriquecedores de um alimento em termos de textura possibilitando a criação de novos produtos inovadores. Este trabalho abordou esta questão e a escolha de hidrocoloides a utilizar recaiu sobre misturas de goma xantana e farinha de sementes de alfarroba (X:A), que em diferentes proporções podem dar origem a diferentes texturas; goma xantana e goma guar (X:G); e, carragenina k e farinha de sementes de alfarroba (C:A), devido, em todas elas, ao sinergismo entre os hidrocoloides seleccionados. Os outros hidrocoloides referidos no enquadramento teórico, foram excluídos por várias razões: pelo seu comportamento termoreversível (como o agar), o amido foi excluído por não se tratar de uma fibra dietética, o alginato por ser de difícil elaboração, logo, difícil industrialização, a pectina por necessitar de açúcar ou cálcio e se pretender utilizar o mínimo número de ingredientes possível, acompanhando assim a tendência de mercado.

III. Breve Análise do Mercado

III.1. Mercado

“The decline of formal lunchtime eating is creating new market segments and strong growth in the snack food market.”⁸⁴

Os filmes edíveis desenvolvidos neste projeto terão aplicabilidade na formação de *snacks*, sendo interessante conhecer este mercado.

Este tipo de alimentos encontra-se dividido em *snacks* doces (*candy*; bolachas, bolos, pasties; barras alimentares de valor nutricional saudável intrínseco, barras de cereais de pequeno-almoço, etc.; *snacks* de fruta seca, copos de fruta) e *snacks* salgados (*snacks* com sal, batatas fritas, etc.; pão estaladiço; *snacks* de frutos secos; pipocas e arroz tofado; *snacks* de carne seca)⁸⁵.

A segmentação no mercado deste tipo de produtos pode variar, mas alguns dos segmentos são *snacks* de pão recheado; de pastelaria; *snacks* não embrulhados; pizzas; *snacks* em kits; entre outros⁸⁴.

Estudos revelam que, cada vez mais, o estilo de vida conduz a que as refeições sejam executadas nas próprias secretárias de trabalho e aquando do trabalho e/ou lazer no computador. Deste modo, o mercado dos *snacks* tem tido espaço para crescer devido ao enorme leque de produtos que estão a surgir e se posicionam de modo a explorar este estilo de vida. Tem-se vindo a verificar ao longo de alguns anos que o aumento da pressão de tempo sobre os consumidores é a principal razão para esta alteração de estilo de refeições, que estão fragmentadas em refeições mais frequentes e menores e, refeições tomadas nos mais diversos locais. O consumo *on-the-go* está em crescimento e divide-se em três categorias:







- *On-the-move* (aquando do deslocamento do consumidor)
- *Multitasking* (comer enquanto se trabalha, por exemplo)
- Em tempos livres⁸⁴.

Análises de mercado demonstraram que refeições para crianças ricas nutricionalmente e que permitam a estas alguma independência, têm um grande sucesso, devido à reunião de dois pontos-chave: a aprovação por parte dos pais/educadores e ao encantamento que provoca por parte das crianças⁸⁴.

III.2. Alguns produtos substitutos ou de possível aplicação do filme desenvolvido





O mercado é rico numa grande variedade de produtos de *snack* que procuram responder às necessidades dos consumidores. Alguns apelam à naturalidade, mínimo processamento e baixa quantidade de ingredientes, outros abordam novas texturas que permitam uma maior conveniência das refeições. Em alguns casos são alimentos funcionais, com uma determinada função benéfica para a saúde, em geral, na manutenção do fluxo intestinal. Seguem-se alguns produtos identificados que poderão ser substitutos de novos produtos identificados neste projeto de estágio (Fonte: mercado português e base de dados Innova).

Tabela 2. Alguns produtos *snacks* existentes no mercado.

Produto	Descrição	Ingredientes
 CompalEssencial	Polpa de fruta pasteurizada por temperatura	Polpa de fruta concentrada, água, aromas naturais e ácido ascórbico.
 SoNatural – Fruta à colher	Polpa de fruta pasteurizada por alta pressão.	Polpa de fruta.
 80g Fruta fresca	Fruta fresco descascada e cortada em pedaços e armazenada em atmosfera modificada e a frio.	Fruta
 Bowls Cherry Mixed Fruit	Salada de fruta pronta a comer.	Várias frutas, sumos de fruta reconstituídos, ácido ascórbico, sorbato de potássio e benzoato de sódio, aromas naturais, ácido cítrico.
 Andros Fruit Snack	Copo de fruta.	Frutas, açúcar e ácido ascórbico.
 Barras de cereais	Barras de cereais e fruta	Barra Fitness de morango: Farinha de cereais [trigo integral (31,2%), arroz (20,1%)], açúcar, xarope de glucose, xarope de açúcar parcialmente invertido, extracto de malte de cevada, óleo de

		palma, humidificante (glicerol), morangos (4%), xarope de açúcar amarelo parcialmente invertido, sal, aromatizante (aroma de morango), emulsionante (lecitina de soja), reguladores de acidez (fosfato trissódico, ácido cítrico), antioxidante (tocoferóis). Vitaminas e Minerais.
 <p>McDee Fruit Snacks</p>	Snack de fruta sem colesterol e rico em fibra e vitamina C.	Polpa de maçã, sumo concentrado de ananás, purê de manga e banana, sacarose, glicerol, glucose, frutose, fibras (de trigo e maçã), ácido málico, citrato de potássio, pecina, farelo de trigo, ácido ascórbico, aromas naturais e idênticos aos naturais, propileno glicol.
 <p>Kellogg's Fruit Harvest Oatmeal Cookies</p>	Biscoitos de aveia e fruta.	Farinha de trigo enriquecida, vitamina B1, riboflavin, ácido fólico, recheio misto de bagas, maçã, morango, concentrado de polpa de framboesa, amido de tapioca modificado, aroma natural, amido de milho, gel de celulose, ácido cítrico, ácido málico, goma de celulose, grãos inteiros de aveia, açúcar, manteiga, óleo de canola, uva passa, ovo inteiro em pó, sal, canela, bicarbonato de sódio, lecitina de soja, aromas naturais e artificiais, nozes, xarope de milho rico em frutose.
 <p>Nabisco Fruit Snacks</p>	Snack de fruta (bagas).	Xarope de milho, açúcar, sumos concentrados de fruta, amido de milho modificado, gelatina, ácido cítrico, amido de milho, aromas naturais e artificiais, ácido ascórbico, óleo de coco hidrogenado, cera de carnaúba, corantes (red 40, blue 1).

III. Breve Análise do Mercado

 <p>Frootz Strawberry Yoghurt Coated High Fruit Buttons</p>	<p>Iogurte de morango revestido por peças ricas em fruta.</p>	<p>Sumos de fruta reconstituídos, açúcar, dextrina de arroz, maçã seca, pectina de maçã, fibra de maçã, ácido málico, ácido cítrico, aromas naturais, ácido ascórbico, iogurte de morango aromatizado (gordura vegetal, açúcar, iogurte em pó, leite em pó magro, lactose, soro de leite em pó, aromas, corante (concentrado de raiz de beterraba), lecitina de soja, goma arábica).</p>
 <p>Safari Bites Fruit Flakes</p>	<p>Flocos de fruta.</p>	<p>Fruta seca picada e polpas (87%), açúcar, conservantes (dióxido sulfúrico e metabisulfito de sódio), dextrose.</p>
 <p>Safari Bites Fruity Chews</p>	<p>Fruta para mascar.</p>	<p>Fruta seca picada e polpas (61%), açúcar, conservante (dióxido sulfúrico), aroma, corante.</p>
 <p>Nabisco Newtons Strawberry & Yogurt Bars</p>	<p>Biscoitos em barra baixos em gordura, com recheio de verdadeiro morango e iogurte.</p>	<p>Farinha enriquecida, xarope de milho, dextrose, açúcar, soja parcialmente hidrogenada e/ou óleos de algodão, xarope de milho rico em frutose, morangos, amido de tapioca modificado, soro de leite, maltodextrina, maçãs secas conservadas com dióxido de enxofre, frutose, pectina, concentrado de sumo de morango, tricálcico fosfato, aromas naturais e artificiais, soro de leite cultivado, lecitina de soja, dextrose cultivada, o sal, o ácido cítrico, corante artificial, sorbato de potássio adicionado para preservar a frescura, bicarbonato de sódio, iogurte de baixo teor de gordura, leite desnatado, amido de milho modificado, nata.</p>

III.3. Caracterização do produto

Em primeira análise, o primeiro ponto positivo que surge desta presença no mercado, é o facto de os consumidores estarem cada vez mais, bem informados acerca da necessidade do consumo de frutas e estarem a criar a necessidade de a consumir cada vez mais e mais comodamente.

Ao analisar estes produtos, verifica-se que os produtos com texturas muito diferentes, têm um grande número de ingredientes, desta forma, uma possível forma de diferenciação e uma vantagem no produto desenvolvido neste projeto é o facto deste apresentar uma textura muito distinta das já conhecidas incorporando, no entanto, um número reduzido de ingredientes, sendo que uma grande percentagem dos mesmos é fruta.

Este produto, é ainda um alimento funcional, por ser rico em fibra, constituindo uma função benéfica na manutenção do fluxo intestinal. Este fator é outra vantagem competitiva do produto.

Foi realizada uma análise SWOT dos filmes edíveis desenvolvidos para uma melhor avaliação dos mesmos (Figura 13).

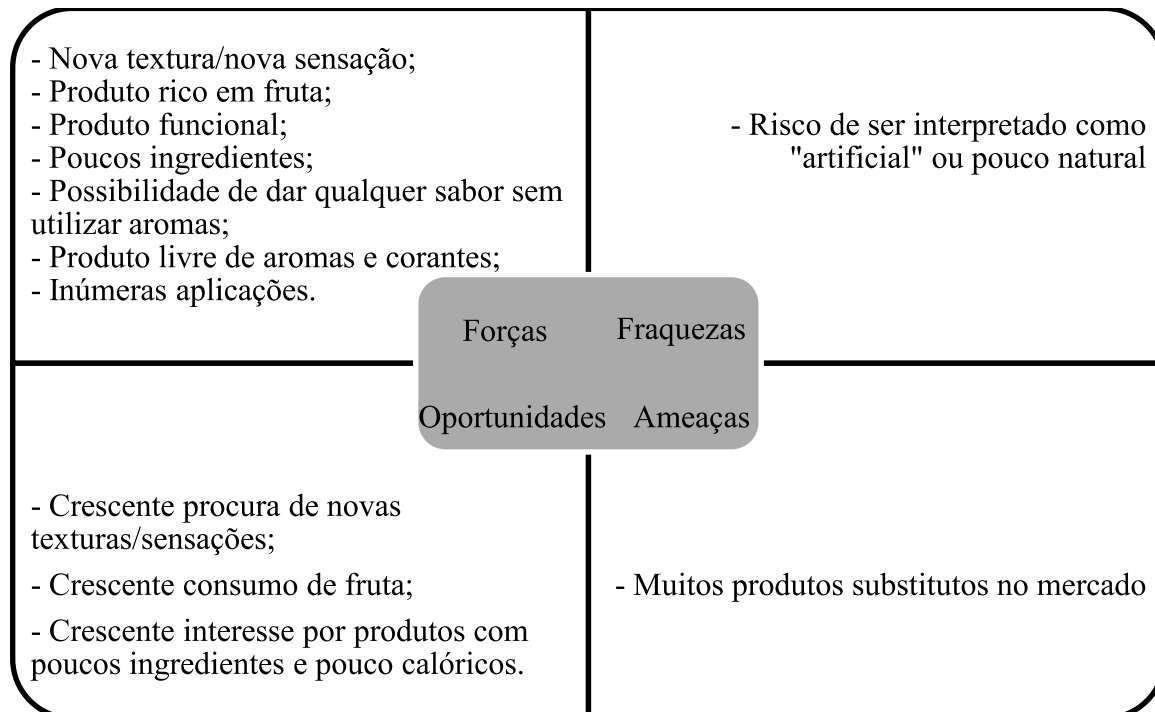


Figura 13. Análise SWOT dos filmes edíveis avaliados neste projeto de estágio.

IV. Materiais e Métodos

IV.1. Materiais utilizados

As matérias-primas utilizadas neste trabalho, bem como os meios de cultura utilizados estão descritas abaixo na Tabela 3.

Tabela 3. Matérias-primas utilizadas.

Matéria-prima	Descrição	Código de aditivo
Goma xantana	Goma xantana em pó	E451
Farinha de sementes de alfarroba	Farinha de sementes de alfarroba em pó	E410
Goma guar	Goma guar em pó com sabor neutro, altamente purificada, de rápida hidratação e dilatação a frio	E412
Carragenina	Carragenina k standardizada com sacarose	E407
Sucralose	Sucralose sintética no estado sólido	E955
Xarope de glucose-frutose	Solução aquosa, purificada e concentrada de sacarídeos obtidos por hidrólise do amido proveniente do processamento de trigo	-
Sorbato de potássio	Sorbato de potássio granular (sal de potássio de ácido 2,4-hexadienoico)	E202
Puré de maçã concentrado	Maçãs não danificadas, saudáveis e maduras, lavadas, descascadas e em puré. Com antioxidante (ácido ascórbico – E300)	-
Meio de cultura para mesófilos totais	Agar peptona de caseína-glucose extrato de levedura para microbiologia (PCA, <i>Plate Count Agar</i>), Merck	-
Meio de cultura para fungos	Agar extrato de levedura glucose cloranfenicol (FIL-IDF) para microbiologia (YGC, <i>Yeast extract Glucose Chloranphenicol agar</i>), Liofilchem	-
Meio de preparação para análise microbiológica	Água peptonada tamponada (BPW, <i>Buffered Peptone Water</i>), Liofilchem	-

IV.2. Preparação de géis

Foram elaborados géis sem e com fruta dos diversos hidrocoloides para ser selecionado o que fornece melhor qualidade funcional/estrutural e sensorial ao produto. Foram testados os géis X:A nas proporções 60:40 e 80:20; X:G na relação 80:20 e 20:80; e C:A nos rácios 50:50, 80:20 e 20:80.

O edulcorante selecionado foi a sucralose (Figura 14). Trata-se de um adoçante artificial sem valor calórico e com poder adoçante 600 vezes superior ao da sacarose ⁸⁶.

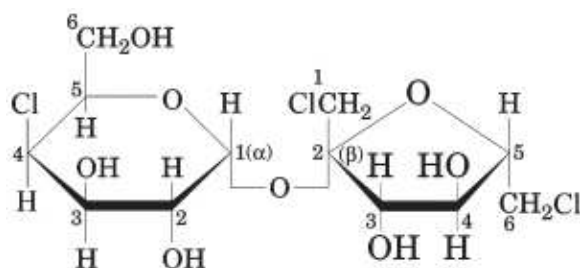


Figura 14. Estrutura da sucralose ⁸⁶.

IV.2.1. Preparação de gel sem fruta

O gel de hidrocoloide foi preparado segundo a formulação apresentada na Tabela 4, com o intuito de ser utilizada a menor quantidade de água possível de modo a diminuir o tempo de secagem. A água, com a sucralose e o conservante já adicionados, foi aquecida no micro-ondas até, aproximadamente, 90°C e colocada em agitação com recurso a uma varinha mágica, seguidamente, o hidrocoloide foi adicionado e procedeu-se à hidratação do mesmo utilizando a varinha mágica. Por fim é adicionado o xarope de glucose-frutose e a mistura é homogeneizada com recurso à varinha.

Tabela 4. Formulação para elaboração dos géis sem fruta.

Ingredientes	Quantidade (%)
Água	75,34
Xarope de glucose-frutose	20,00
Hidrocoloides	4,50
Sorbato de potássio	0,10
Sucralose	0,06

IV.2.2. Preparação de gel com fruta

O gel à base de fruta foi preparado segundo a formulação apresentada na Tabela 5, que foi baseada essencialmente no objetivo de aumentar o valor nutricional do produto e consequentemente o seu interesse comercial, para tal foi utilizada uma grande quantidade de fruta e a quantidade de hidrocoloide foi diminuída para que fosse possível a hidratação do mesmo, uma vez que a quantidade de água a utilizar foi menor relativamente à formulação sem fruta.

O procedimento de elaboração do gel foi o mesmo descrito acima e, por fim, foi adicionado o puré de maçã concentrado em vez do xarope de glucose-frutose.

Tabela 5. Formulação para elaboração dos géis com fruta.

Ingredientes	Quantidade (%)
Água	55,84
Puré de maçã concentrado	42,00
Hidrocoloides	2,00
Sorbato de potássio	0,10
Sucralose	0,06

IV.3. Preparação do filme edível

Para a elaboração do filme, o gel (sem e com fruta) foi submetido a uma secagem em forno. O gel foi espalhado manualmente sobre um tabuleiro resistente à temperatura, da forma mais homogênea possível. Este manuseamento está facilitado quando o gel se encontra ainda quente, pelo que, de forma *standard* este processo foi sempre realizado imediatamente após a elaboração do gel a 90°C. De seguida, o tabuleiro foi colocado no forno, previamente estabilizado a 100°C, e o tempo foi controlado. O gel foi retirado do forno ao fim do tempo ao qual estaria formado o filme.

IV.4. Aplicação do filme edível

O filme pode ser aplicado nas mais variadas formas e envolver os mais variados tipos de conteúdos, dando origem a um número razoável de novos produtos inovadores e de valor acrescentado.

Neste projeto, foi aplicado a uma compota de fruta previamente desenvolvida na Frulact de modo a conhecer o desempenho do filme edível no revestimento de um produto já bem conhecido e caracterizado. Assim, o produto trata-se de um *snack* de fruta pronto a comer.

IV.5. Análise da textura

A textura dos géis, dos filmes e dos produtos foi analisada com recurso ao texturómetro TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, UK).

Da mesma forma que o gel foi colocado ainda quente no tabuleiro para a secagem, também a análise da sua textura foi conduzida nestas condições, ou seja, os géis foram colocados nos recipientes de análise imediatamente após a sua elaboração a 90°C, depois foram estabilizados até à temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) e os testes foram conduzidos a esta temperatura. Na análise dos filmes e dos produtos, foi também aguardada a temperatura ambiente para conduzir o teste.

IV.5.1. Textura dos géis

O sistema TTC Spreadability Rig (sonda de espalhabilidade em formato cone), representado na Figura 15, permite avaliar a espalhabilidade de um gel segundo a sua dureza, sendo que quanto maior esta, menor a espalhabilidade do gel.

Para comparação entre as amostras, foi conduzido um teste de compressão, com célula de 5 kg com velocidade de deslocação do teste e após o teste de 1 mm/s, *trigger force* de 5 g e distância de compressão de 10 mm.



Figura 15. Análise tipo TTC Spreadability Rig, constituída por uma sonda cone de 90° “macho” e cinco cones “fêmea” em *perspex* que correspondem precisamente com a sonda cone “macho”.

A partir do gráfico resultante do teste, representado na Figura 16, foi determinada a dureza da estrutura do gel, a partir do valor máximo de força obtido em N (Newton), *Peak Force*, bem como a sua adesividade, em N.s, dada pela área negativa gerada aquando da subida da sonda cone.

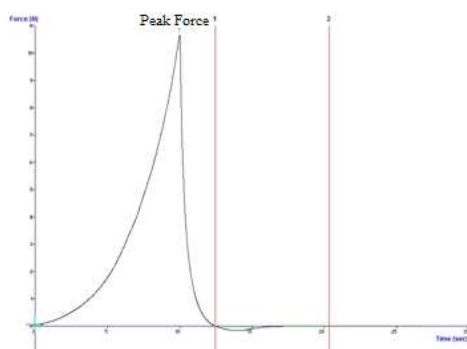


Figura 16. Gráficos tipo resultantes da análise de textura dos géis, pelo sistema TTC Spreadability Rig.

IV.5.2. Textura dos filmes

Foi determinada a dureza e a elasticidade aparente dos filmes (isolados e aplicados) pelo teste de penetração representado na Figura 17 com a sonda agulha de 2 mm (P/2N) e célula de 5 kg. A sonda percorreu a distância de 12 mm, a uma velocidade de 1 mm/s, após detetar uma *trigger force* de 5 g, após o teste foi utilizada a mesma velocidade de subida da sonda.

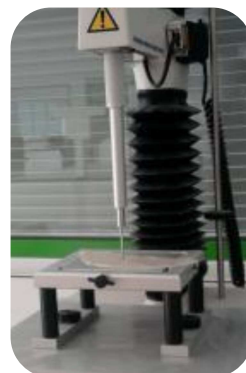


Figura 17. Teste de penetração com sonda P/2N e célula de 5 kg.

A dureza, dada em N, corresponde à altura do primeiro pico significativo (*Peak Force*), e a elasticidade aparente dada pelo declive do mesmo pico na sua zona linear, este valor expresso em $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$ foi utilizado para se obter um termo de comparação entre filmes que são analisados por este mesmo método (Figura 18).

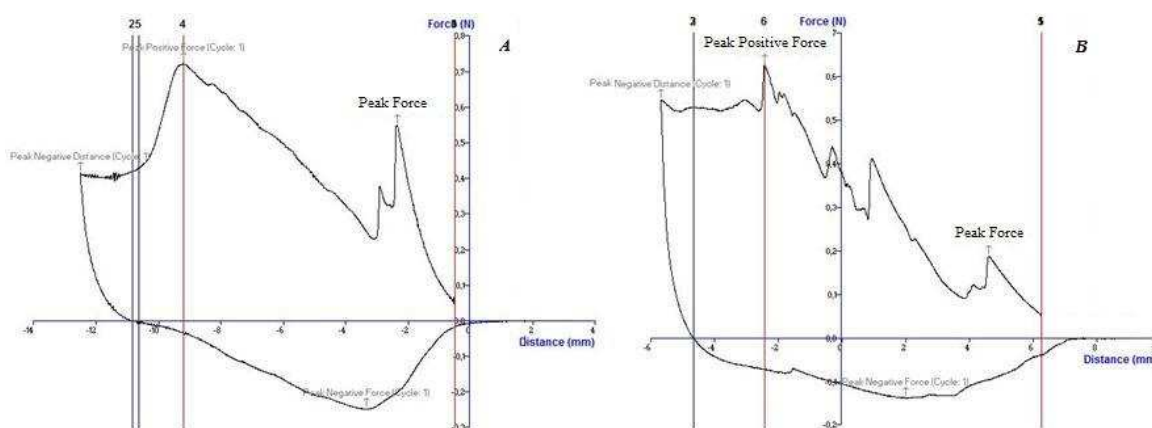


Figura 18. Gráficos tipo resultantes da análise de textura, por penetração, dos filmes isolados (A) e aplicados (B). Em B, *Peak Positive Force* corresponde ao pico da película inferior, abaixo da compota.

IV.6. Análise de cor

A cor dos géis e dos filmes foi analisada com recurso ao colorímetro CR-400 de Konica Minolta. As amostras de géis, foram colocadas com uma espessura de 5 mm sobre uma superfície branca e sobre os mesmos foi colocada uma lâmina de vidro e a cor medida. A cor do puré de maçã concentrado e da compota de abóbora e laranja foi medida da mesma forma. Os filmes isolados e aplicados foram analisados depois de colocados sobre a mesma superfície branca e utilizando a mesma lâmina de vidro entre as amostras e o colorímetro.

Os parâmetros determinados foram L^* ($L^*=0$ (preto) e $L^*=100$ (branco)), a^* ($-a^*=$ verde e $+a^*=$ vermelho) e b^* ($-b^*=$ azul e $+b^*=$ amarelo) e, a cromacidade C^* e a tonalidade H^* foram definidas segundo equações matemáticas.

A diferença de cor total (ΔE^*) dos filmes edíveis ao longo do tempo, foi obtida por:

$$\Delta E^* = [(L^*_{\text{dia 0}} - L^*_{\text{dia x}})^2 + (a^*_{\text{dia 0}} - a^*_{\text{dia x}})^2 + (b^*_{\text{dia 0}} - b^*_{\text{dia x}})^2]^{1/2}$$

Os valores utilizados para determinar se a diferença de cor total seria visualmente óbvia foram os seguintes:

$\Delta E^* < 1$ diferença de cor não óbvia ao olho humano

$1 < \Delta E^* < 3$ diferença de cor não reconhecida pelo olho humano

$\Delta E^* > 3$ diferença de cor óbvia ao olho humano^{27, 87}.

IV.7. Análise microbiológica

Foi realizada uma análise microbiológica dos filmes edíveis isolados e aplicados, de forma a definir o tempo de prateleira dos mesmos em condições de refrigeração (4°C) e ambientais (20°C), em embalagens hermeticamente fechadas.

IV.7.1. Filmes isolados

No fim da realização do filme, este foi dividido em treze pedaços com massa de 1 g que foram armazenados individualmente em embalagens herméticas esterilizadas para que cada amostra fosse aberta apenas aquando da análise microbiológica, diminuindo o risco de contaminações. Este procedimento de pesagem e embalamento foi feito de forma asséptica à chama do bico de Bunsen e com instrumentos esterilizados. Seis das amostras foram armazenadas a 4°C, outras seis a 20°C e outra amostra foi utilizada para a análise de dia 0.

A análise microbiológica foi realizada em câmara de fluxo laminar, onde à embalagem da amostra foram adicionados 19 mL de BPW (diluição 10^{-2}) de forma a perfazer volume suficiente para a utilização da varinha mágica (esterilizada em álcool e chama de bico de Bunsen) e trituração do filme. Depois desta homogeneização do filme em BPW, foram realizadas diluições até à 10^{-4} e foram inoculadas colocando-se 1 mL de cada em placas de Petri (em duplicado) e recorrendo à sementeira por incorporação, ou seja, adicionando cerca de 15 mL de meio de cultura a 45-50°C na placa com a amostra.

Quando o meio se apresentava sólido, as placas foram invertidas e incubadas. Realizaram-se as análises utilizando o meio PCA para determinação de mesófilos totais e o meio YGC para quantificação de bolores e leveduras. A incubação das placas em PCA foi em estufa de 30°C durante 3 dias e, das placas em YGC foi em estufa de 25°C durante 5 dias.

IV.7.2. Filmes aplicados

Também neste caso, a aplicação do filme foi realizada à chama e com instrumentos esterilizados. Os produtos foram armazenados individualmente em embalagens esterilizadas e herméticas e a sua massa era cerca de 10 g.

Mais uma vez a análise microbiológica decorreu em câmara de fluxo laminar, onde à embalagem hermética da amostra foram adicionados 90 mL de BPW (diluição 10^{-1}), de seguida o filme aplicado em compota foi triturado com recurso à varinha mágica esterilizada. Posteriormente, foram realizadas diluições até à 10^{-4} e foram inoculadas e incubadas da mesma forma descrita acima.

IV.8. Análise sensorial

De forma a selecionar o hidrocoloide ideal e preferido pelo consumidor, foi realizada uma análise sensorial ao filme edível aplicado, com painel de consumidores constituído por 39 provadores.

As análises físico-químicas e outras observações notadas ao longo do estudo dos filmes, revelaram maior facilidade de manuseamento de determinados filmes. Assim, o critério de seleção de filmes para a análise sensorial, intuindo a redução de amostras a dar ao provador, foi baseado também na facilidade de industrialização dos mesmos para além do seu desempenho enquanto revestimento.

Os filmes selecionados foram os de X:A 80:20 sem e com fruta e de X:G 20:80 sem e com fruta. Pretende-se averiguar a preferência do consumidor entre os filmes sem e com fruta e entre estas duas misturas de hidrocoloides. Os filmes de C:A 50:50 e C:A 80:20 revelaram fraca capacidade de revestimento e os filmes de X:A 60:40 e C:A 20:80 são bastante difíceis de manusear enquanto géis, no espalhamento para a formação do filme, ou seja, é dúbia a sua industrialização. Além destas razões, estes seis filmes de C:A apresentaram uma maior instabilidade microbiológica.

Foram realizados os testes afetivos de aceitação e de preferência e teste de aceitação comercial, cujas fichas de prova se encontram em anexo (Anexo 1).

IV.9. Análise estatística

A análise estatística foi conduzida com o software estatístico SPSS 19.0 para o Windows (IBM SPSS Statistics, Chicago, EUA), para os dados de dureza e sólidos solúveis.

Nas amostras de dureza, o número de réplicas (n) não foi sempre igual, devido à disponibilidade de material, variando entre 5 e 10. E, na análise de sólidos solúveis n foi 5.

Os dados foram sujeitos a uma análise de variância unifatorial, com o objetivo de testar a igualdade de duas ou mais médias populacionais. Quando se observaram interações significativas entre os dois fatores fixos (formulação e presença ou não de fruta), foi realizada a separação de médias individualmente para cada fator utilizando o teste de Duncan com um nível de significância $\alpha = 0,05$.

A fim de se conhecer a significância estatística da análise sensorial, foi realizado o teste de Friedman segundo a norma ISO8587:2006 (E) ⁸⁸. Foi calculado o F_{test} tendo-se verificado, para todos os testes, com risco menor ou igual a 1%, que as quatro amostras foram percebidas pelos provadores como diferentes. Como tal, foi calculado o LSD (*Least Significant Difference*), com $z = 1,96$ e risco de 0,05 para a separação de médias e identificação das amostras diferentes. Foram analisados todos os testes de análise sensorial, testes afetivos de aceitação e preferência e teste de aceitação comercial, em que no primeiro cada parâmetro (sabor, textura, cor e impressão global) foi analisado separadamente.

V. Resultados e Discussão

V.1. Caracterização físico-química dos géis e filmes

A aparência dos filmes sem e com fruta está apresentada nas Figuras 19 e 20, onde se pode compreender o modo como os filmes criados neste projeto foram aplicados.

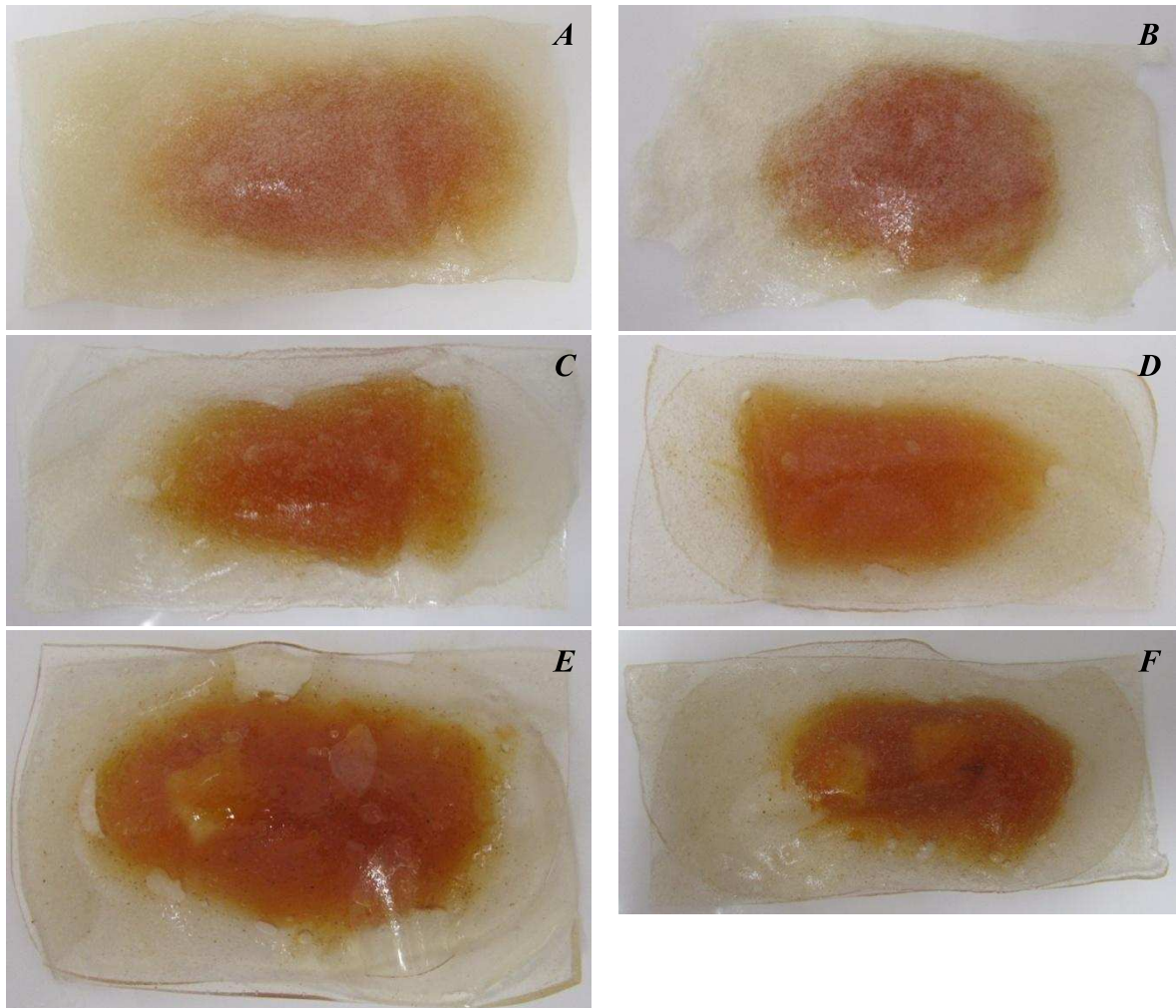


Figura 19. Filmes edíveis sem fruta aplicados. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

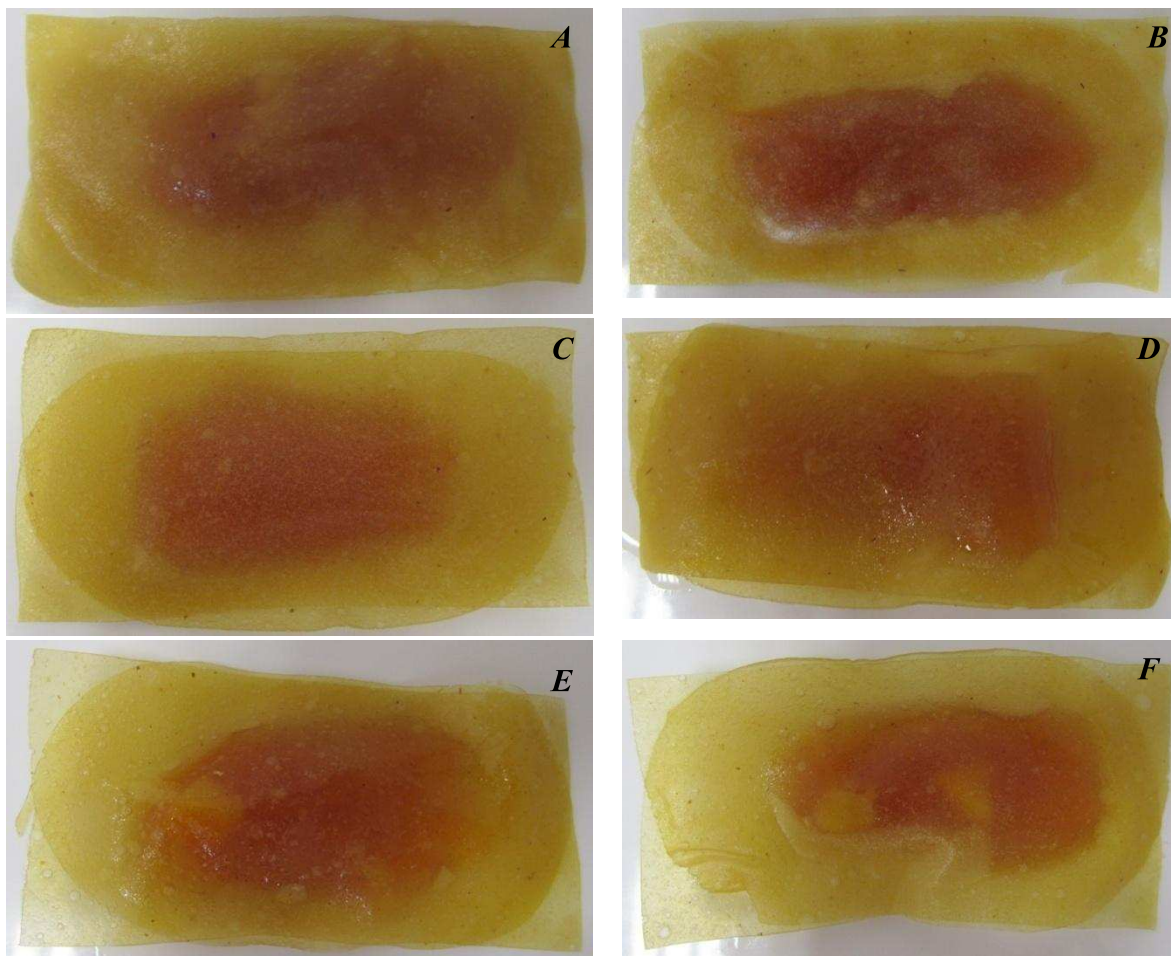


Figura 20. Filmes edíveis com fruta aplicados. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

A utilização de diferentes hidrocoloides e a adição de fruta influenciam as propriedades físico-químicas, de textura e a cor dos géis formados.

Os resultados apresentados abaixo, evidenciam também o efeito do processo de secagem que altera significativamente as propriedades dos géis permitindo a respetiva formação do filme edível. Neste trabalho surgiu apenas uma combinação que não gerou um filme edível suficientemente consistente e passível de ser manuseado, avaliado e que apresentasse potencial para ser aplicado na indústria alimentar, foi o de X:G 80:20.

Para a avaliação dos resultados seguintes é importante conhecer as condições de secagem, ou seja, o tempo necessário para a formação de filme a 100°C apresentado na Tabela 6 e, ter ainda em atenção a espessura do filme, uma vez, que este é também um fator imponente nas propriedades físico-químicas como a cor e a textura. A espessura é um fator difícil de controlar aquando do espalhamento do gel, por ter sido feito de forma

manual, como tal, surgem valores distintos entre os filmes, estes dados estão apresentados na Figura 21.

Tabela 6. Tempo de secagem a 100°C dos filmes sem e com fruta, isolados e daqueles que foram aplicados.

Hidrocoloides	Puré de maçã concentrado	Tempo de secagem (min)	
		Filmes isolados	Filmes aplicados
X:A 60:40	Sem	40	40
	Com	45	75
X:A 80:20	Sem	55	55
	Com	50	65
X:G 20:80	Sem	60	45
	Com	50	60
C:A 50:50	Sem	40	45
	Com	55	65
C:A 80:20	Sem	40	40
	Com	55	60
C:A 20:80	Sem	60	60
	Com	50	70

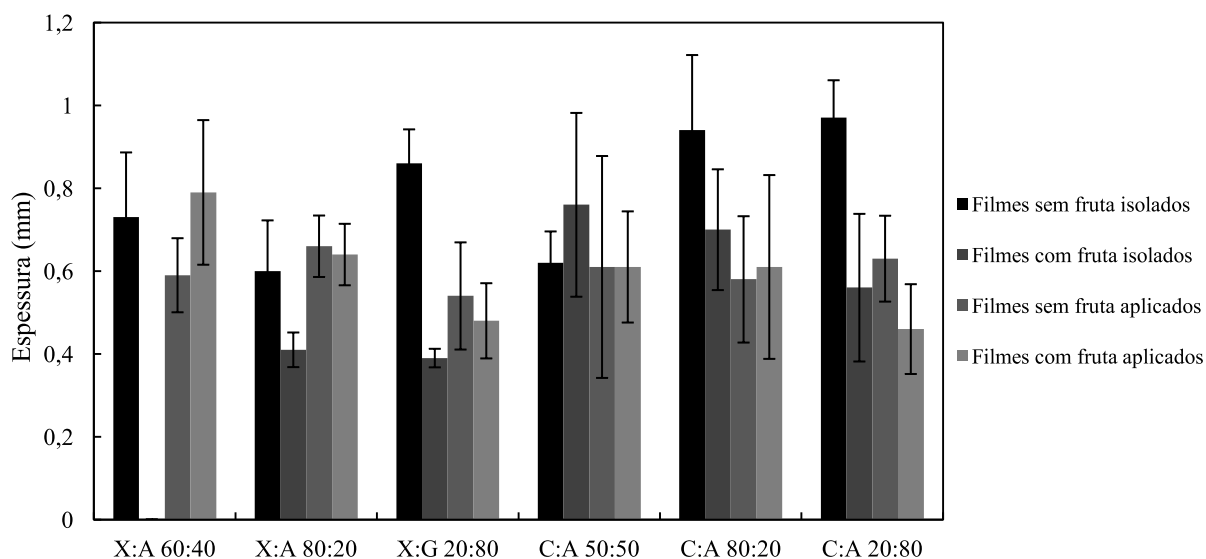


Figura 21. Espessura dos filmes após secagem a 100°C. As barras de erro correspondem ao desvio-padrão resultados da medição de 5 réplicas.

V.1.1. pH, sólidos solúveis totais e atividade da água

Os géis foram analisados quanto a características físico-químicas, como o pH (Tabela 7), quantidade de sólidos solúveis por medição do °Brix com refratômetro RFM732 de Bellingham+Stanley Ltd. (Figura 22) e, atividade da água, a_w , com o medidor de a_w HygroLab de Rotronic com precisão de 0,0100 e gama de utilização de 0,00 a 1,00 (Tabela 8).

De um modo geral, todos os hidrocoloides conduzem o pH dos géis para valores entre 5 e 6. No entanto, a carragenina k distingue-se por dar origem a um valor mais elevado, em torno de 7. A fruta, por ser adicionada em grande quantidade, diminui substancialmente, o pH dos géis para valores abaixo de 4,5 o que favorecerá a segurança microbiológica do produto.

Tabela 7. Valores de pH dos géis com e sem fruta.

Hidrocoloides	pH dos géis sem fruta	pH dos géis com fruta
X:A 60:40	5,78	4,02
X:A 80:20	5,80	3,97
X:G 80:20	5,51	4,04
X:G 20:80	5,72	4,08
C:A 50:50	7,01	3,98
C:A 80:20	7,46	3,98
C:A 20:80	6,45	3,87
Xarope de glucose-frutose	3,96	
Puré de maçã concentrado		3,64

Aos géis sem fruta, é adicionado xarope de glucose-frutose para que o filme gerado a partir destes, seja passível de formar um produto. A este ingrediente se devem os valores de sólidos solúveis encontrados, que diminuem no caso dos géis com fruta, pois o puré de maçã utilizado apresenta valores de °Brix bastante menores que o xarope de glucose-frutose, 33,9° e 78,1° respetivamente (Figura 22 A).

Com a secagem, a quantidade de sólidos solúveis aumenta, uma vez que é diminuído o volume do gel por remoção de água.

O efeito da fruta nos filmes, em geral, é caracterizado por um aumento significativo dos sólidos solúveis totais (p -value = 0,013 entre os filmes sem e com fruta de X:A 80:20; p -value = 0,002 nos de X:G 20:80; p -value = 0,024 entre os filmes de C:A 50:50 e p -value = 0,003 nos de C:A 20:80), mas no filme de X:A 60:40 a fruta diminui significativamente

este fator (p -value = 0,049). No filme de C:A 80:20 a fruta não altera o °Brix do filme (p -value = 0,091).

Existem diferenças significativas entre o teor em sólidos solúveis dos filmes realizados a partir de diferentes hidrocoloides. Dos filmes sem fruta (p -value < 0,001), são os de X:A e X:G os que apresentam valores superiores e os de C:A apresentam valores inferiores. De entre os filmes com fruta (p -value = 0,014), os de X:G apresenta valores superiores aos restantes filmes, mas não estatisticamente diferente do de X:A 80:20 (Figura 22 A)

No caso dos filmes aplicados, surgem valores diferentes, uma vez que são realizados em momentos diferentes e sem controlo de espessura aquando do espalhamento.

A adição de fruta revela, mais uma vez, influência significativa no teor de sólidos solúveis totais nos filmes de X:A 60:40 (p -value < 0,001), X:A 80:20 (p -value = 0,001), X:G (p -value = 0,001) e C:A 50:50 (p -value = 0,024), mas não nos filmes de C:A 80:20 (p -value = 0,783) e C:A 20:80 (p -value = 0,481). Nos primeiros três, a influência da fruta traduz-se numa redução do °Brix e no filme de C:A 50:50 leva a um aumento deste.

Os hidrocoloides utilizados mostram mais uma vez a sua interferência significativa (p -value < 0,001 e p -value = 0,015 nos filmes sem e com fruta respetivamente) no °Brix. Nos filmes sem fruta, são os de X:A 60:40 e X:G que apresentam valores superiores, seguindo-se os de X:A 80:20 e C:A 20:80, sendo o de C:A 50:50 o que contém menor °Brix. Os filmes com fruta com maior °Brix são os de C:A 20:80 e X:G, sendo este último não significativamente diferente dos restantes (Figura 22 B).

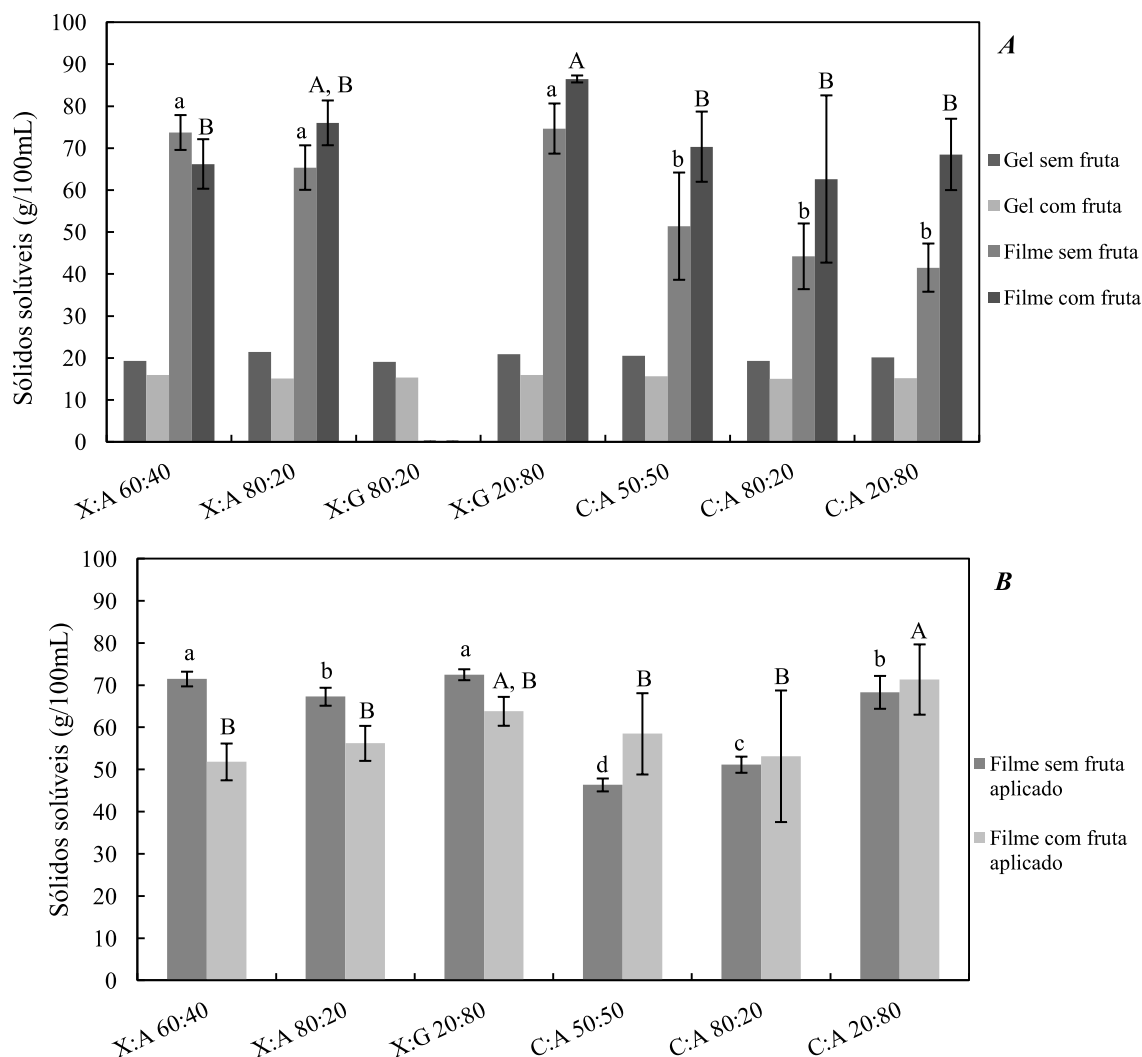


Figura 22. Valores de sólidos solúveis totais dos géis antes e após a secagem a 100°C (A) e após a aplicação enquanto revestimento de compota (B). Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

O limite mínimo de a_w para o crescimento de bactérias é 0,90 e, para o crescimento de leveduras é 0,80⁸⁹. Os géis apresentam valores de a_w semelhantes, e no intervalo ótimo de desenvolvimento microbiano. Os resultados apresentados na Tabela 8 fazem prever que a secagem diminui o risco deste desenvolvimento, pois, em geral, diminui a a_w para valores abaixo de 0,8 à exceção dos filmes com 50% de 20% de carragenina k. De salientar o valor baixo que o filme de X:G com fruta apresenta, poderá estar relacionado com a baixa espessura deste filme (Figura 21) que demonstra a ocorrência de um maior grau de secagem. A amostra deste filme aplicado apresenta um valor de a_w superior devido à

presença da compota e também pode dever-se à espessura superior que apresenta (Figura 21).

De entre os microrganismos que crescem no intervalo de a_w que aqui se regista (0,6 a 0,9), aquele que é preocupante é o *Staphylococcus aureus*. Este microrganismo cresce a pH entre 4,2 e 9,3 (pH ótimo entre 7 a 7,5) e valores de temperatura entre 7°C e 48,5°C (e valores ótimos entre 30°C e 37°C)⁹⁰, pelo que é passível de ser encontrado nos filmes sem fruta, onde os valores de pH variam entre 5,5 e 7,0 e mais propriamente quando são armazenados à temperatura ambiente. Para este microrganismo não são aceitáveis valores de unidades formadoras de colónias por g de filme (ufc/g) superiores a 10^4 ⁹¹.

Tabela 8. Valores de a_w dos géis antes e após a secagem a 100°C e após aplicação enquanto revestimento.

Hidrocoloides	Géis sem fruta	Géis com fruta	Filmes sem fruta isolados	Filmes com fruta isolados	Filmes sem fruta aplicados	Filmes com fruta aplicados
X:A 60:40	0,887	0,901	0,773	0,817	0,859	0,816
X:A 80:20	0,895	0,900	0,733	0,737	0,814	0,843
X:G 80:20	0,992	0,911	-	-	-	-
X:G 20:80	0,882	0,913	0,759	<u>0,621</u>	0,786	0,796
C:A 50:50	0,915	0,913	0,864	0,752	0,859	0,815
C:A 80:20	0,887	0,905	0,745	0,705	0,856	0,865
C:A 20:80	0,894	0,907	0,885	0,783	0,804	0,785
Xarope de glucose-frutose				0,705		
Puré de maçã concentrado				0,867		
Compota				0,818		

V.1.2. Cor dos géis e dos filmes

Para a análise destes resultados é importante ter em conta que os filmes têm uma espessura inferior a 1 mm e os géis foram analisados com uma espessura de 5 mm.

Pela análise dos Figura 23 A verifica-se que a luminosidade dos géis de X:A 60:40 não é afetada pela adição de fruta (p -value = 0,079). O que se entende pelo facto de estes filmes serem mais opacos (Figura 19) do que os restantes filmes sem fruta, pelo que a adição desta, terá uma menor influência na luminosidade destes géis do que nos outros, onde se verifica um aumento ou diminuição da luminosidade com a adição de fruta. Nos géis de X:A 80:20 (p -value = 0,002) e C:A 50:50 (p -value < 0,001), a fruta diminuiu a L^* ,

porém nos géis de X:G (p -value $< 0,001$) e C:A 80:20 (p -value $< 0,001$) e C:A 20:80 (p -value = 0,005), verifica-se o contrário.

Os hidrocoloides influenciam a L^* dos géis, sendo que de entre os géis sem fruta (p -value $< 0,001$), os de X:A 60:40 e C:A 50:50 apresentam valores estatisticamente iguais e com a adição de fruta a luminosidade dos géis de X:A 60:40, X:G 20:80 e C:A 80:20 é também a mesma (p -value $< 0,001$).

A luminosidade dos filmes é superior à luminosidade dos géis correspondentes, isto pode dever-se ao facto de os filmes terem menos de 1 mm de espessura aumentando a sua transparência e influenciando os resultados do teste para valores próximos de 100 (branco), uma vez que é realizado sobre uma superfície branca (Figura 22 B). É de notar que os filmes sem fruta apresentam uma maior luminosidade (p -value $< 0,001$ em todos, exceto no filme de C:A 80:20 com p -value = 0,043) o que indicia a sua transparência, que pode ser observada na Figura 19. O único filme cuja adição de fruta não surte qualquer efeito na luminosidade é o filme de C:A 20:80 (p -value = 0,916).

Com a secagem, a luminosidade entre filmes torna-se mais semelhante, observando-se mais filmes com valores iguais, são eles os filmes sem fruta de X:A e C:A 50:50, bem como os filmes de X:G e C:A 80:20, o único diferente de qualquer outro é o filme de C:A 20:80 (p -value $< 0,001$). De entre os filmes com fruta observa-se maior similaridade (p -value = 0,081), sendo os filmes de X:A 60:40 e X:A 80:20 os únicos diferentes entre si.

Com a aplicação dos filmes envolvendo a compota de abóbora e laranja, verifica-se uma descida da luminosidade que se atribui à compota que apresenta valores baixos de luminosidade. A utilização de diferentes hidrocoloides conduz a diferenças significativas de luminosidade (p -value $< 0,001$), e a adição de fruta (p -value $< 0,001$) reflete um aumento da mesma, sendo a única exceção o filme de X:A 60:40 (p -value = 0,134) em que a adição da fruta não influenciou o valor de luminosidade obtido.

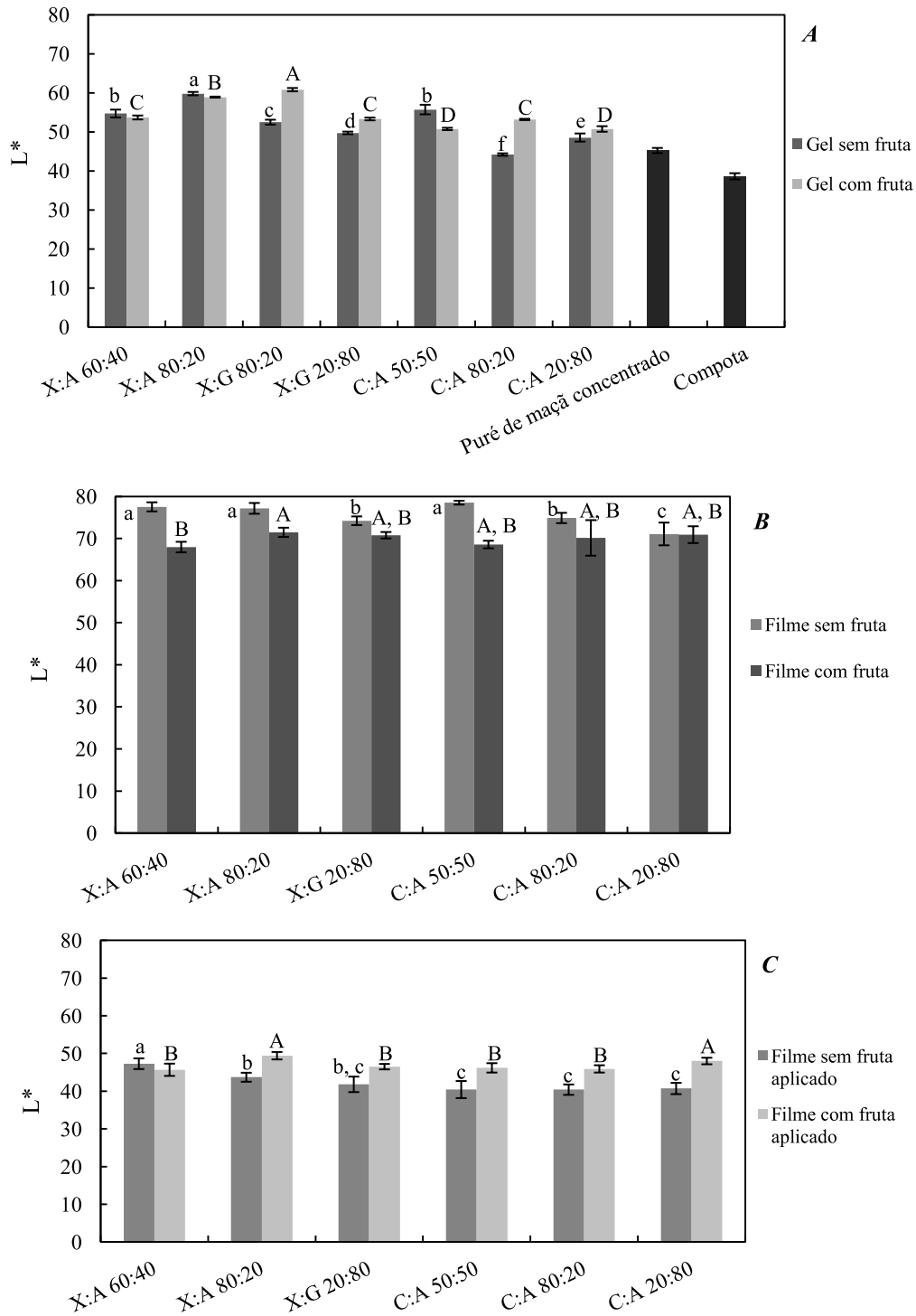


Figura 23. Luminosidade dos géis sem e com fruta, do purê de maçã concentrado e da compota (A) Luminosidade dos filmes isolados (B) e aplicados (C) sem e com fruta. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Relativamente à tonalidade (Figura 24), a adição de fruta, tem um efeito uniforme em todos os géis e filmes isolados, verificando-se uma diminuição significativa do seu valor em todos os casos ($p\text{-value} < 0,001$), aproximando-se do valor de H^* da fruta adicionada.

Em ambos os casos, géis e filmes isolados, encontram-se valores de H^* diferentes entre diferentes hidrocoloides ($p\text{-value} < 0,001$), mas são diferenças mínimas, em especial nos géis e filmes com fruta.

A tonalidade é pouco afetada pelo processo de secagem nos géis de C:A 20:80 e no gel de X:G 20:80 sem fruta. Nos restantes filmes com fruta, a secagem diminui ligeiramente o valor de tonalidade para valores mais próximos de 80° e, portanto, ligeiramente mais próximos de laranja (ou amarelo escuro). Nos filmes sem fruta regista-se uma maior inconformidade. Nos géis de X:A a tonalidade diminui com a secagem, mas nos géis de C:A verifica-se um aumento da tonalidade após a secagem.

A aplicação dos filmes diminui a tonalidade para valores próximos de 60° , o que se deve à compota utilizada que apresenta cor laranja (Figura 24 C). A adição de fruta na formulação tem um efeito significativo que se traduz num aumento da H^* dos filmes aplicados de X:A 80:20 ($p\text{-value} < 0,001$), X:G ($p\text{-value} = 0,038$), C:A 50:50 ($p\text{-value} = 0,002$) e C:A 20:80 ($p\text{-value} = 0,013$). Porém, nos filmes de X:A 60:40 e C:A 80:20 a fruta não altera a tonalidade dos filmes aplicados ($p\text{-value} = 0,906$ e $0,838$ respetivamente).

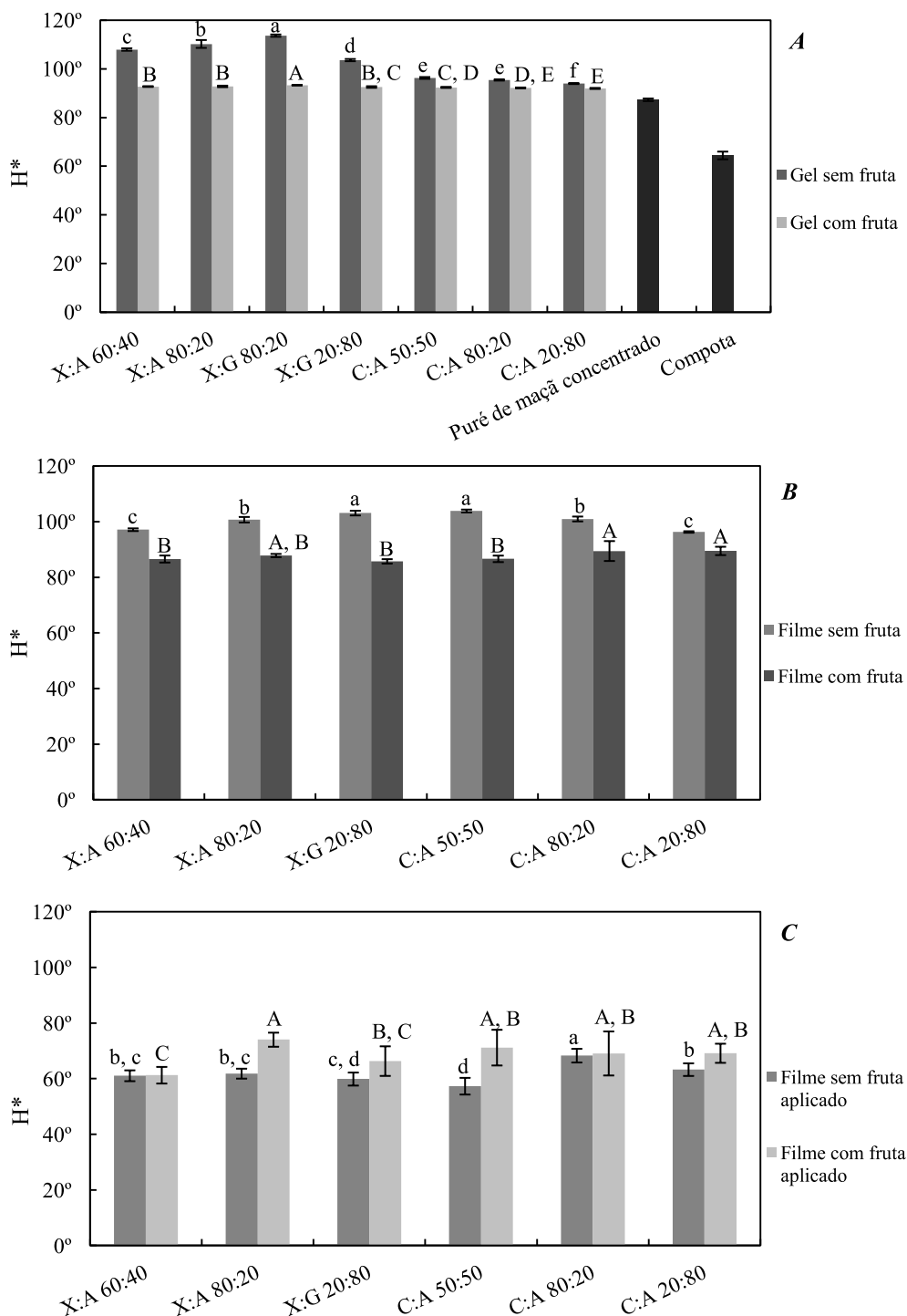


Figura 24. Tonalidade dos géis sem e com fruta, do purê de maçã concentrado e da compota (A) Tonalidade dos filmes isolados (B) e aplicados (C) sem e com fruta. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

O purê de maçã concentrado tem também efeito substancial na cromacidade dos géis e dos filmes isolados, aumentando significativamente a saturação da cor dos mesmos (p -value $< 0,001$) (Figura 25 A e B).

Verifica-se também que os hidrocoloides utilizados influenciam os valores de C^* de géis obtidos, especialmente nos géis sem fruta, onde apenas dois destes são iguais (X:A 60:40 e X:G 80:20), nos géis com fruta encontram-se mais formulações com valores de cromacidade estatisticamente iguais. As diferenças detetadas, tanto entre os géis sem fruta como nos com fruta são estatisticamente significativas com p -value inferior a 0,001.

Os filmes isolados com fruta apresentam igual C^* entre si (p -value = 0,294), o que revela um grande efeito da secagem, em aumentar este parâmetro sempre para valores iguais independentemente dos hidrocoloides utilizados (Figura 25 A e B). Nos filmes sem fruta, a secagem não tem efeito tão importante, pois existem diferenças significativas entre estes (p -value < 0,001).

A compota no interior dos filmes com fruta diminui a cromacidade, o que demonstra a transparência destes filmes, que permite a observação das duas cores (amarelada do filme com fruta e alaranjada da compota), diminuindo assim a pureza da cor do produto.

O tipo de hidrocoloide utilizado na elaboração do filme demonstra ter efeito na cromacidade do produto final, tanto nos filmes sem fruta como nos filmes com fruta (p -value < 0,001).

A adição de fruta não tem efeito na cromacidade dos filmes aplicados de X:A 80:20 (p -value = 0,178) e C:A 50:50 (p -value = 0,062), mas provoca um aumento da mesma no filme de X:A 60:40 (p -value = 0,013) e, uma diminuição nos filmes de X:G, C:A 80:20 e C:A 20:80 (p -value < 0,001).

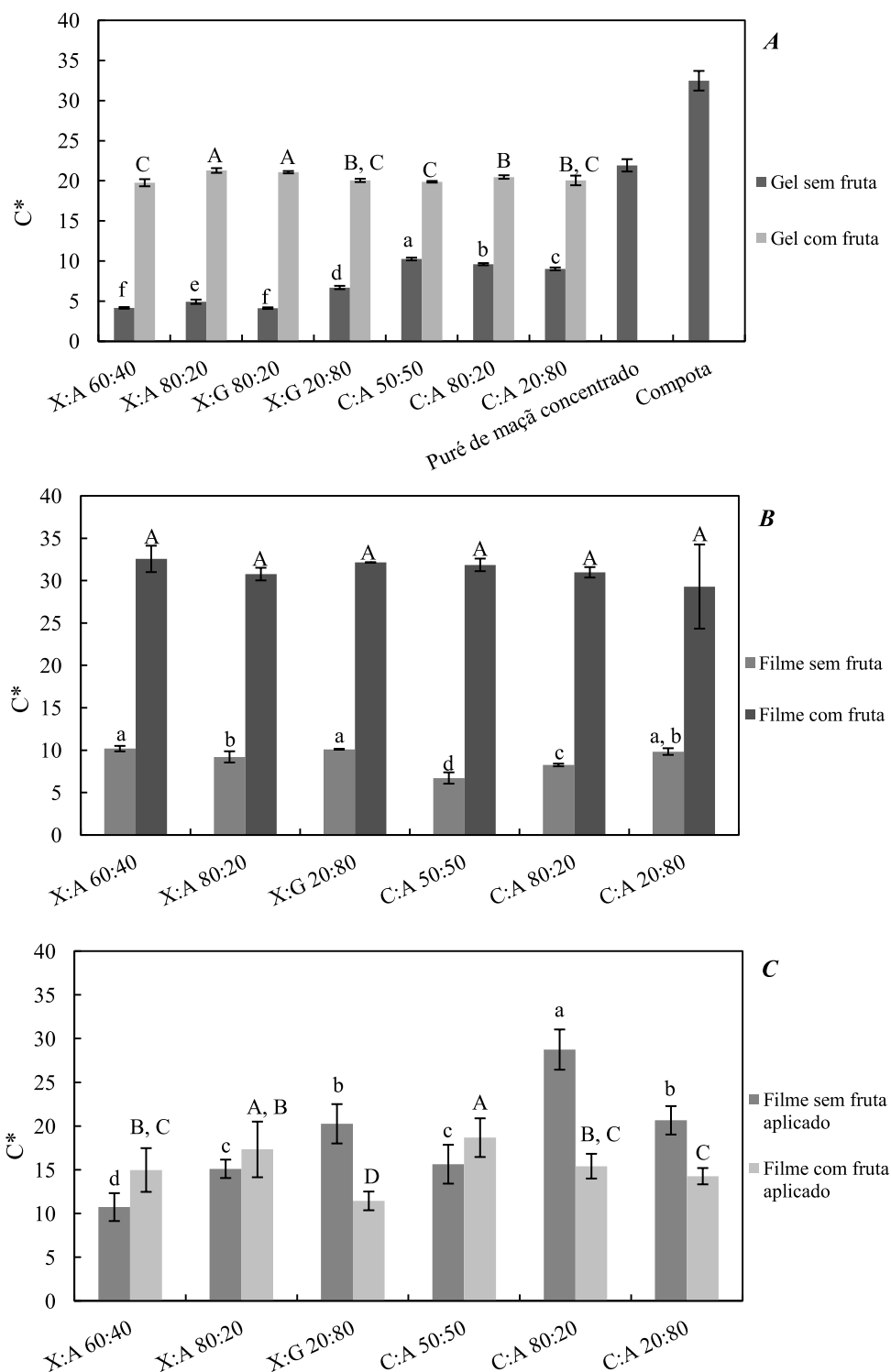


Figura 25. Cromacidade dos géis sem e com fruta, do purê de maçã concentrado e da compota (A) Cromacidade dos filmes isolados (B) e aplicados (C) sem e com fruta. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

V.1.3. Propriedades de textura dos géis e dos filmes

V.1.3.1. Textura dos géis

Os testes de textura realizados permitem averiguar a espalhabilidade dos géis, ou seja, a sua facilidade de manuseamento na elaboração do filme, sendo que, quanto maior a dureza do gel, menor é a espalhabilidade do mesmo.

A análise de textura revelou que os géis de C:A 50:50 e 80:20 sem e com fruta são os mais duros ($p\text{-value} < 0,001$), logo, os menos fáceis de espalhar (Figura 26). No entanto, é importante ter em conta que os géis foram analisados quando se encontravam à temperatura ambiente, mas são espalhados a quente quando a dureza dos mesmos é menor. Este fator é importante pois ao analisar a adesividade destes géis, representada na Figura 27, verifica-se que os menos adesivos ($p\text{-value} < 0,001$) são os mesmos que se apresentam como mais duros. A adesividade é um fator muito importante aquando do espalhamento, uma vez que este está facilitado com géis menos adesivos.

A adição de fruta, torna os géis menos duros ($p\text{-value} < 0,001$ nos géis de X:A 60:40, X:G 20:80 e C:A; $p\text{-value} = 0,001$ nos géis de X:A 80:20 e $p\text{-value} = 0,002$ nos géis de X:G 80:20), o que subentende que a fruta “perturba” a hidratação dos hidrocoloides, talvez por se tornar um obstáculo físico entre as moléculas dos hidrocoloides (Figura 26). Quanto à adesividade, a fruta apresenta uma influência diferente, provocando um aumento da mesma nos géis de X:A 60:40 ($p\text{-value} < 0,001$), X:G 20:80 ($p\text{-value} < 0,001$), C:A 50:50 ($p\text{-value} = 0,016$), C:A 80:20 ($p\text{-value} = 0,016$) e C:A 20:80 ($p\text{-value} < 0,001$), com exceção dos géis de X:A 80:20, onde se verifica uma diminuição da adesividade ($p\text{-value} = 0,011$) e X:G 80:20 onde a adesividade se mantém com a adição de fruta ($p\text{-value} = 0,810$) (Figura 27).

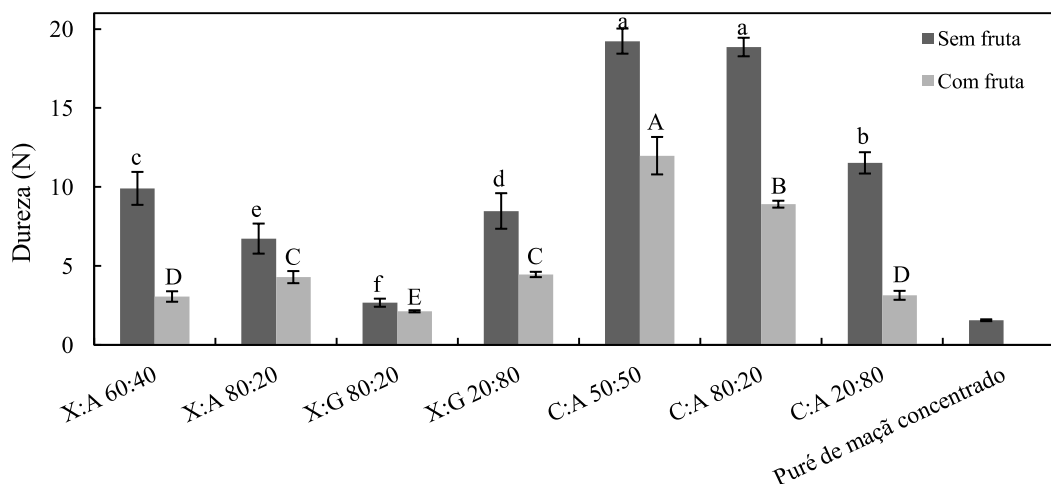


Figura 26. Dureza dos géis sem e com fruta e do puré de maçã concentrado. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

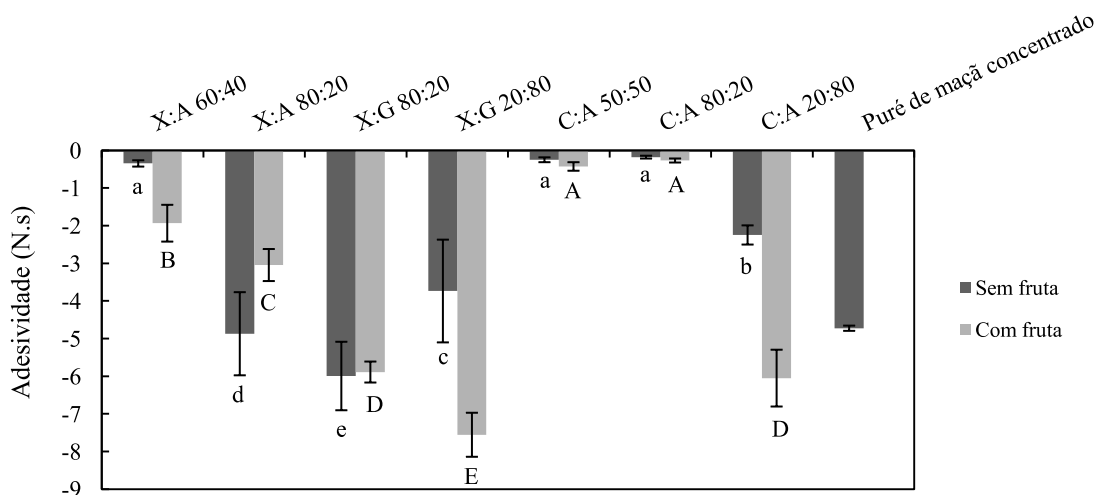


Figura 27. Adesividade dos géis sem e com fruta e do puré de maçã concentrado. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

V.1.3.2. Textura dos filmes isolados

Os filmes isolados não podem ser diretamente comparados aos filmes aplicados, uma vez que as amostras são distintas, por serem realizadas em momentos diferentes, com condições de secagem diferentes (rever Tabela 6 e Figura 21).

Compreende-se que a fruta, adicionada numa grande quantidade (42%), tenha influência no sentido de aumentar a dureza dos filmes, uma vez que, se trata de uma fruta rica em pectina. Este hidrocoloide naturalmente presente na maçã⁹, poderá contribuir para a estrutura dos filmes.

Para verificar o efeito da fruta na textura dos filmes, foi realizada uma análise estatística, comparando, para cada formulação independentemente, a dureza dos filmes respectivos sem e com fruta.

A dureza dos filmes de X:A 80:20 sem e com fruta é estatisticamente igual (p -value = 0,286), bem como a dos filmes de X:G sem e com fruta (p -value = 0,080), ou seja, a adição de fruta não condiciona a textura dos filmes formados a partir destas misturas de hidrocoloides. Porém, as formulações de C:A, sofrem um aumento significativo de dureza quando lhes é adicionada fruta (p -value < 0,001 nos filmes de C:A 50:50 e 80:20 e p -value = 0,015 no filme de C:A 20:80). E, a formulação de X:A 60:40 sofre também uma alteração estatisticamente significativa mas, neste caso, a fruta diminui a dureza deste filme (p -value = 0,002).

Também foi averiguada a diferença entre formulações, isto é, o efeito do tipo de hidrocoloide utilizado na dureza dos filmes formados. Realizou-se uma separação de médias entre filmes sem fruta e entre filmes com fruta, pelo teste de Duncan, pois obteve-se p -value < 0,001, os seus resultados estão expressos na Figura 28.

Verifica-se que a dureza é variável com o hidrocoloide utilizado. Os filmes de X:G são diferentes, com 99,9% de certeza, dos restantes filmes. O filme de X:A 60:40 sem fruta é também diferente dos restantes, mas com fruta é estatisticamente igual aos filmes com fruta de X:A 80:20, C:A 80:20 e C:A 20:80 com fruta. Deste modo, pode-se concluir com segurança que os filmes mais duros são os de X:G 20:80 e o menos duro é o de C:A 80:20 sem fruta.

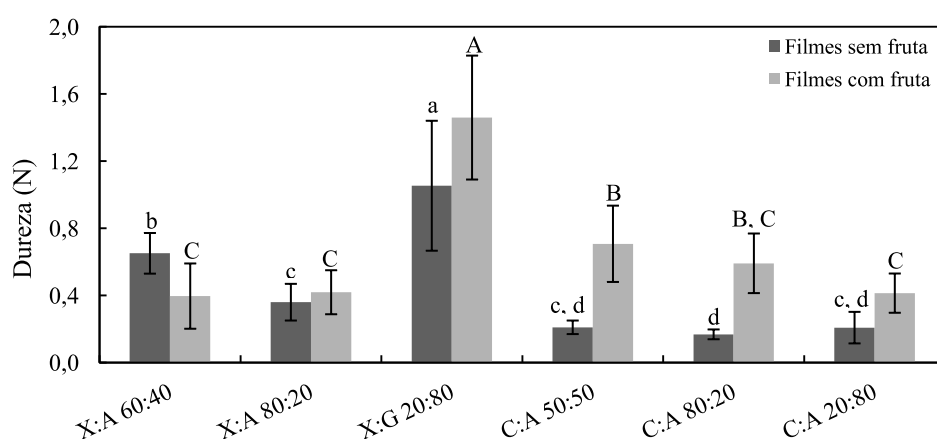


Figura 28. Dureza dos filmes edíveis isolados, sem e com fruta no dia 0. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

A elasticidade aparente, representada na Figura 29, apresenta comportamentos semelhantes aos da dureza, tal como seria de esperar, pois, quanto mais duro for um filme, maior deformação causada pela agulha este suporta, originando uma maior elasticidade aparente.

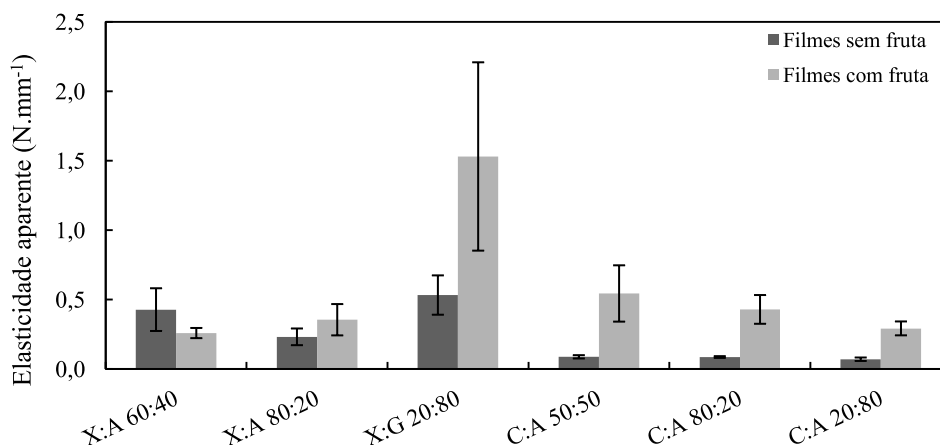


Figura 29. Elasticidade aparente dos filmes edíveis isolados, sem e com fruta no dia 0.

V.1.3.3. Textura dos filmes aplicados

Os mesmos testes estatísticos foram realizados de modo a ser entendido o efeito dos hidrocoloides utilizados bem como o efeito da adição de fruta. O *p*-value obtido no teste de separação de médias para comparar entre formulações, foi novamente inferior a 0,001. A dureza destes filmes é apresentada na Figura 30.

Relativamente aos filmes sem fruta, os mais duros são os de X:G e C:A 20:80, que têm dureza igual, com 99,9% de certeza. Seguem-se os filmes de X:A, seguidos do filme de C:A 50:50, sendo o de C:A 80:20 o menos duro.

A adição de fruta tem efeito significativo na dureza dos filmes aplicados (*p*-value = 0,003 entre filmes de C:A 50:50, *p*-value = 0,001 entre filmes de C:A 20:80 e nos restantes *p*-value < 0,001), tornando-os menos duros, com exceção do filme de C:A 80:20, onde a maçã adicionada aumentou a dureza.

O filme com fruta aplicado mais duro é o filme de C:A 20:80 e o menos duro é o filme de X:A 80:20, os restantes apresentam dureza intermédia e igual entre si (*p*-value < 0,001).

Quanto à elasticidade aparente, esta comporta-se da mesma forma que a dureza, tal como nos filmes isolados e segundo o que se esperaria (Figura 31).

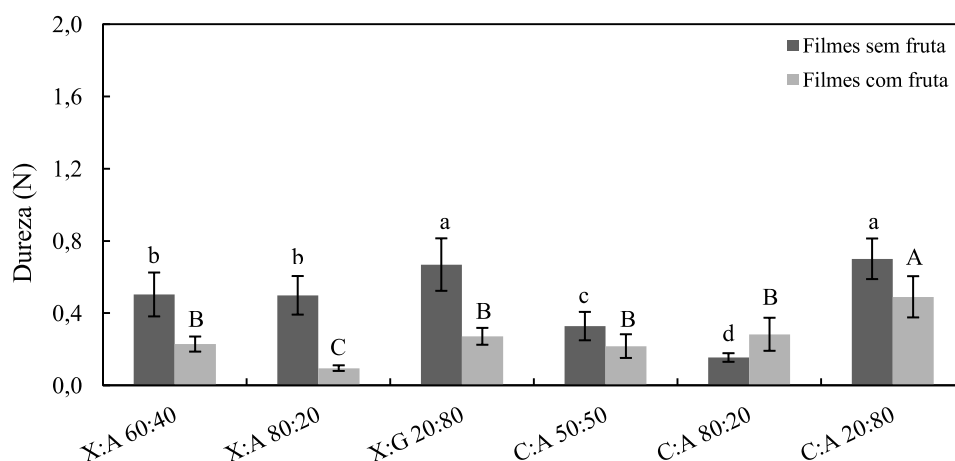


Figura 30. Dureza dos filmes edíveis aplicados, sem e com fruta no dia 0. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste entre formulações sem fruta e letras maiúsculas corresponde ao teste entre formulações com fruta. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

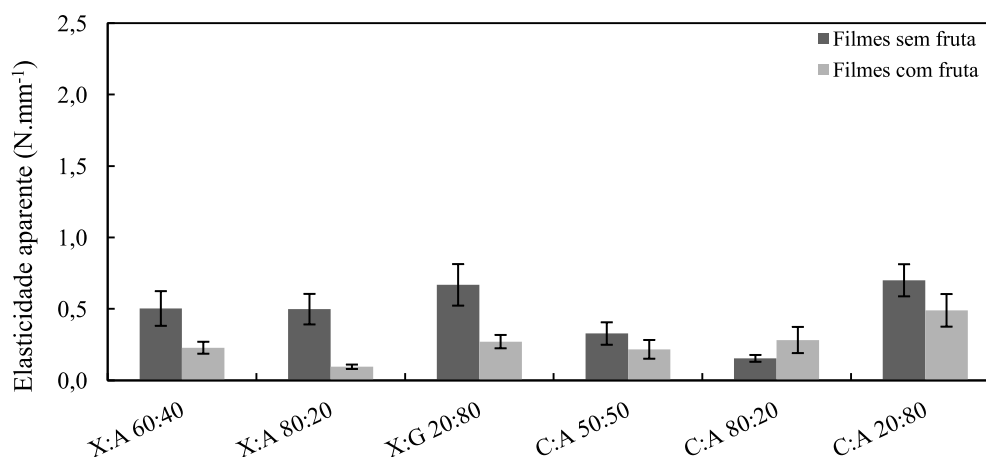


Figura 31. Elasticidade aparente dos filmes edíveis aplicados, sem e com fruta no dia 0.

V.2. Estabilidade microbiológica dos filmes

O critério usado para averiguar a segurança dos filmes edíveis desenvolvidos foi baseado nas condições destes.

Como referido na parte V.1.1., o microrganismo preocupante nos filmes sem fruta é o *Staphylococcus aureus* cujo limite de segurança é 10^4 ufc/g. No entanto, não foram realizados testes específicos para averiguar o crescimento desta bactéria. Pelo que, para maior segurança, foi respeitado o limite de 10^4 ufc/g nos filmes sem fruta.

Nos filmes com fruta foi adotado o limite da categoria alimentar da “Panificação, confeitaria sem creme de leite e alimentos em pó”, onde o limite de segurança é inferior a 10^6 ufc/g⁹¹.

No dia 0, as amostras dos filmes isolados não se encontravam contaminadas, porém as amostras de filmes aplicados revelaram alguma contaminação fúngica. Esta dever-se-á, ao manuseamento mais prolongado dos filmes para a sua aplicação enquanto revestimento de compota, bem como a utilização de mais instrumentos. Apesar de estes serem esterilizados e a aplicação ser realizada à chama, há maior probabilidade de contaminação, do que nos filmes isolados.

Os filmes sem fruta isolados apresentam menor *shelf-life* do que os filmes com fruta (Tabela 9). Aqueles, a 20°C apresentam contaminação superior a 10^6 ufc/g no máximo no décimo terceiro dia e, a 4°C apenas o filme de C:A 80:20 apresentou contaminação superior a 10^6 ufc/g no dia 20. Pelo contrário, os filmes com fruta mantêm-se sem contaminações até ao último dia de análise (dia 40), o que pode ser explicado pelo facto de nos filmes sem fruta se encontrar uma pequena percentagem de conservante na forma efetiva, pois o pH destes filmes é superior ao pK_a do ácido sórbico (4,75).

Visto que os filmes sem fruta estudados isoladamente não são viáveis à temperatura ambiente, aquando da aplicação destes filmes, o seu desempenho ao longo do tempo foi avaliado apenas à temperatura de refrigeração.

Tabela 9. Tempo de prateleira dos filmes, tendo em conta a contaminação de mesofilos totais dos mesmos ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. Dia ao qual a contaminação foi superior a 10^4 ufc/g nos filmes sem fruta e igual ou superior 10^6 ufc/g nos filmes com fruta.

Hidrocoloides	Filmes sem fruta isolados		Filmes com fruta isolados		Filmes sem fruta aplicados	Filmes com fruta aplicados	
	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	4°C	20°C
X:A 60:40	> 40 dias	Dia 10	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias
X:A 80:20	> 40 dias	Dia 13	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias
X:G 20:80	> 40 dias	Dia 12	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias
C:A 50:50	> 40 dias	Dia 6	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias
C:A 80:20	Dia 20	Dia 5	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias
C:A 20:80	> 40 dias	Dia 5	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias	> 40 dias

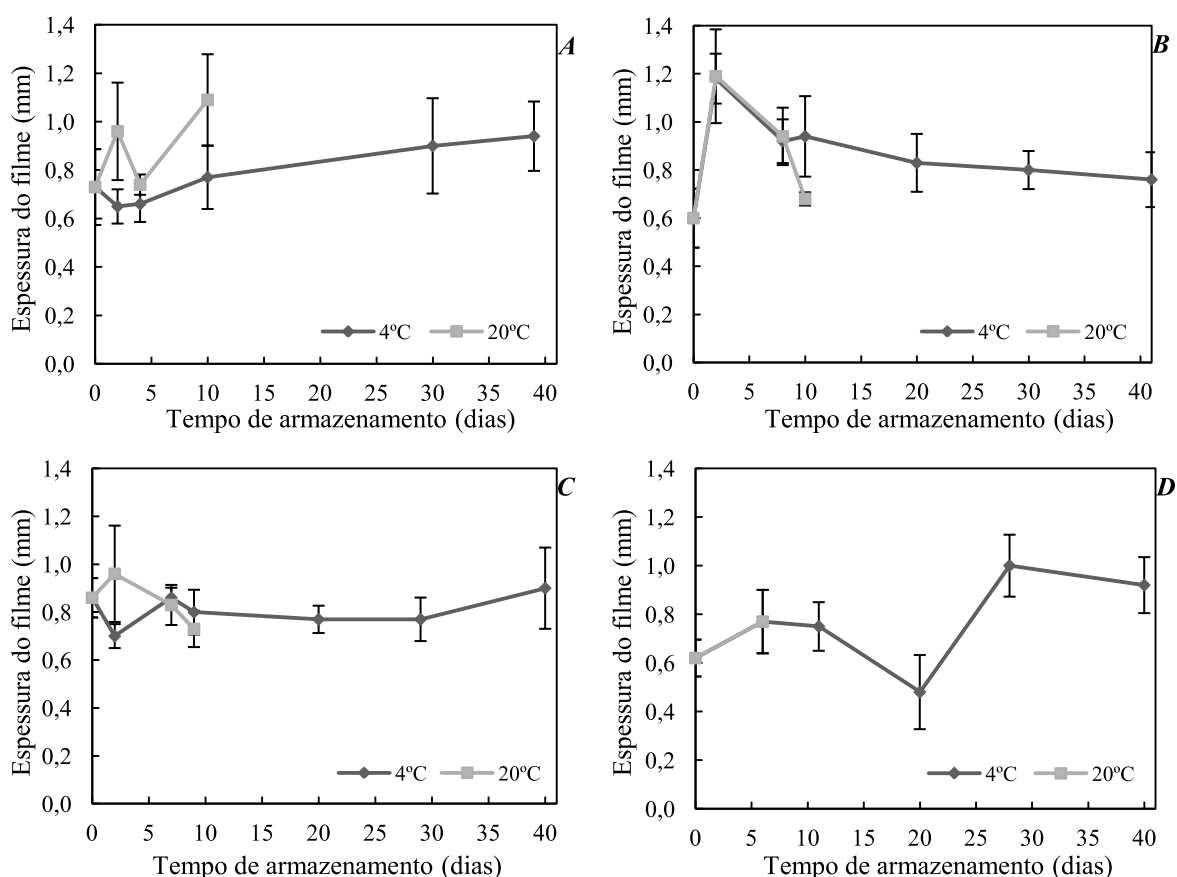
V.3. Estabilidade físico-química dos filmes edíveis ao longo do armazenamento

Os filmes edíveis foram armazenados à temperatura de refrigeração (4°C) e à temperatura ambiente (20°C) e foram alvo de análises físico-químicas periódicas a fim de se averiguar qualquer perda de qualidade funcional. Estas análises não se realizaram nos casos em que as amostras já se encontravam microbiologicamente contaminadas e, desta forma, inviáveis.

Uma fator importante na análise dos filmes é a sua espessura, esta pode justificar valores de °Brix, a_w , cor e textura. Como tal, em todas as amostras, serão apresentados os valores de espessura das mesmas.

V.3.1. Filmes sem fruta isolados

A espessura das amostras analisadas abaixo está representada na Figura 32.



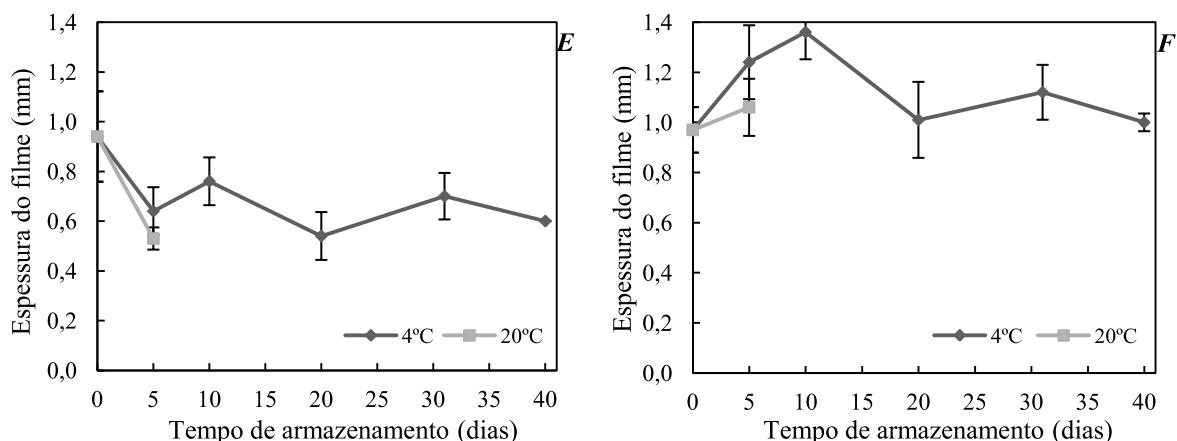


Figura 32. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C e 20°C, dos filmes sem fruta isolados. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.1.1. Sólidos solúveis e atividade da água

O teor em sólidos solúveis mantém-se relativamente constante ao longo do tempo de armazenamento, como apresentado na Figura 33, e as pequenas diferenças detetadas são atribuídas ao facto da secagem ser pouco homogênea e, como tal, algumas amostras se encontrarem mais secas do que outras apresentando um valor de °Brix superior. Esta hipótese é confirmada pelos coeficientes de correlação entre a espessura e o °Brix (Tabela 10), que revelam que quanto maior a espessura, menor o teor em sólidos solúveis, uma vez que menor espessura, representa maior grau de secagem. Os únicos filmes cuja correlação é fraca são os de X:G 20:80 e C:A 50:50.

De referir que os filmes de C:A apresentam em média, menos de 50 g de sólidos solúveis por 100 g de filme, que é o limite inferior dos outros filmes sem fruta. Por observação percebeu-se que os géis com carragenina formam filme mais cedo, ou seja, com menor grau de secagem, logo, apresentam maior quantidade de água na sua composição e por conseguinte apresentam menor °Brix, bem como elevados valores de a_w (cerca de 0,86) que sofrem poucas alterações ao longo do tempo de armazenamento, como se pode observar na Figura 34.

Pelo contrário os filmes de X:A e X:G apresentam valores de a_w inferiores e inconstantes ao longo do tempo. Uma vez mais, estas alterações ao longo do tempo, às quais não é associada qualquer tendência de aumento ou diminuição da a_w , estão relacionadas com a heterogeneidade do processo de secagem conduzindo a que algumas amostras sofram um grau de secagem superior e a_w inferior.

De referir a correlação existente entre a espessura e estes dois parâmetros analisados. Quanto maior a espessura, menor o °Brix (Tabela 10) e maior a a_w , o que mostra que são influenciados pela espessura e grau de secagem.

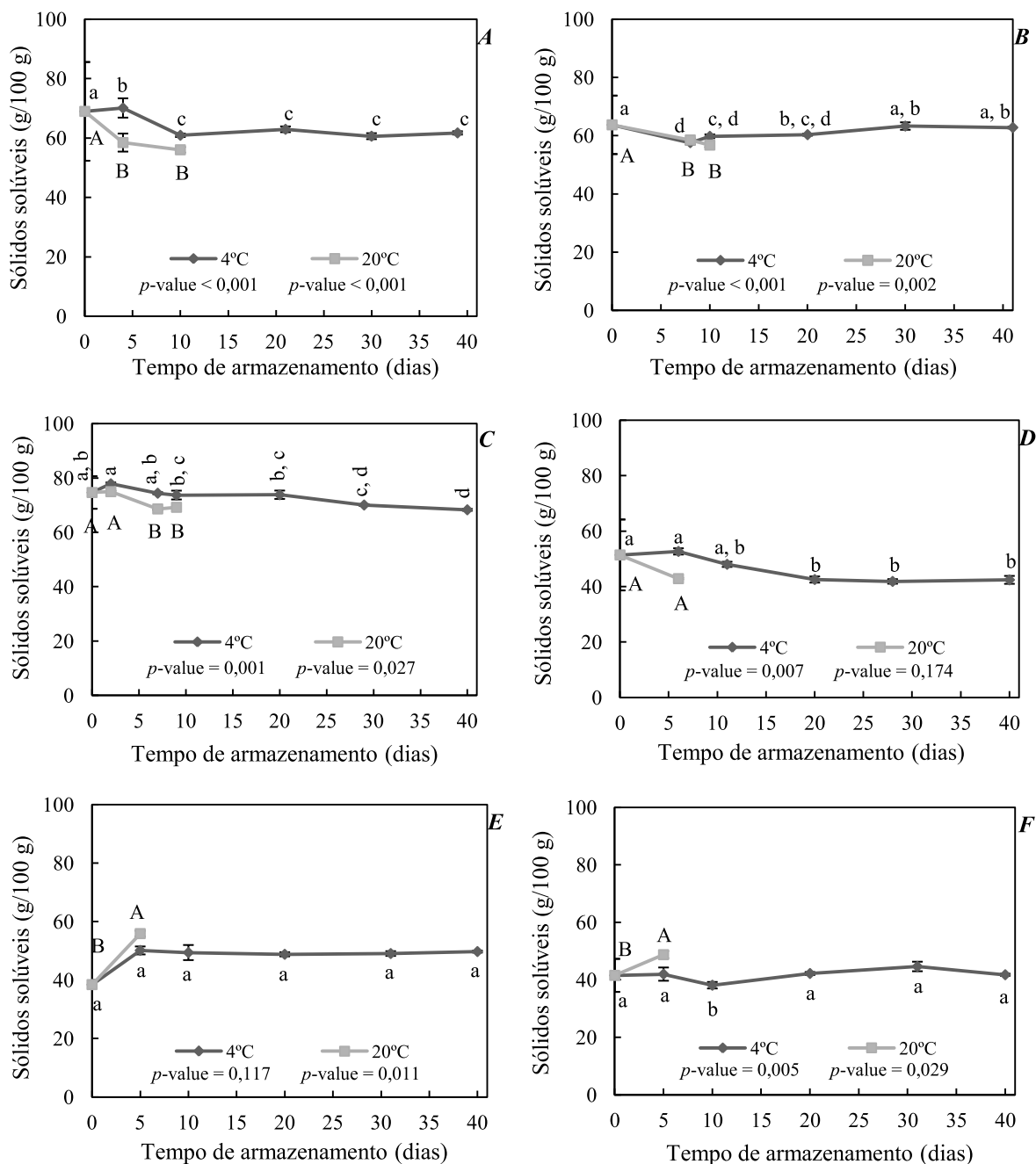


Figura 33. Teor em sólidos solúveis totais dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 4°C e letras maiúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 20°C. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Tabela 10. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes sem fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,77	Forte negativa
X:A 80:20	-0,43	Moderada negativa
X:G 20:80	-0,08	Fraca negativa
C:A 50:50	-0,28	Fraca negativa
C:A 80:20	-0,86	Forte negativa
C:A 20:80	-0,43	Moderada negativa

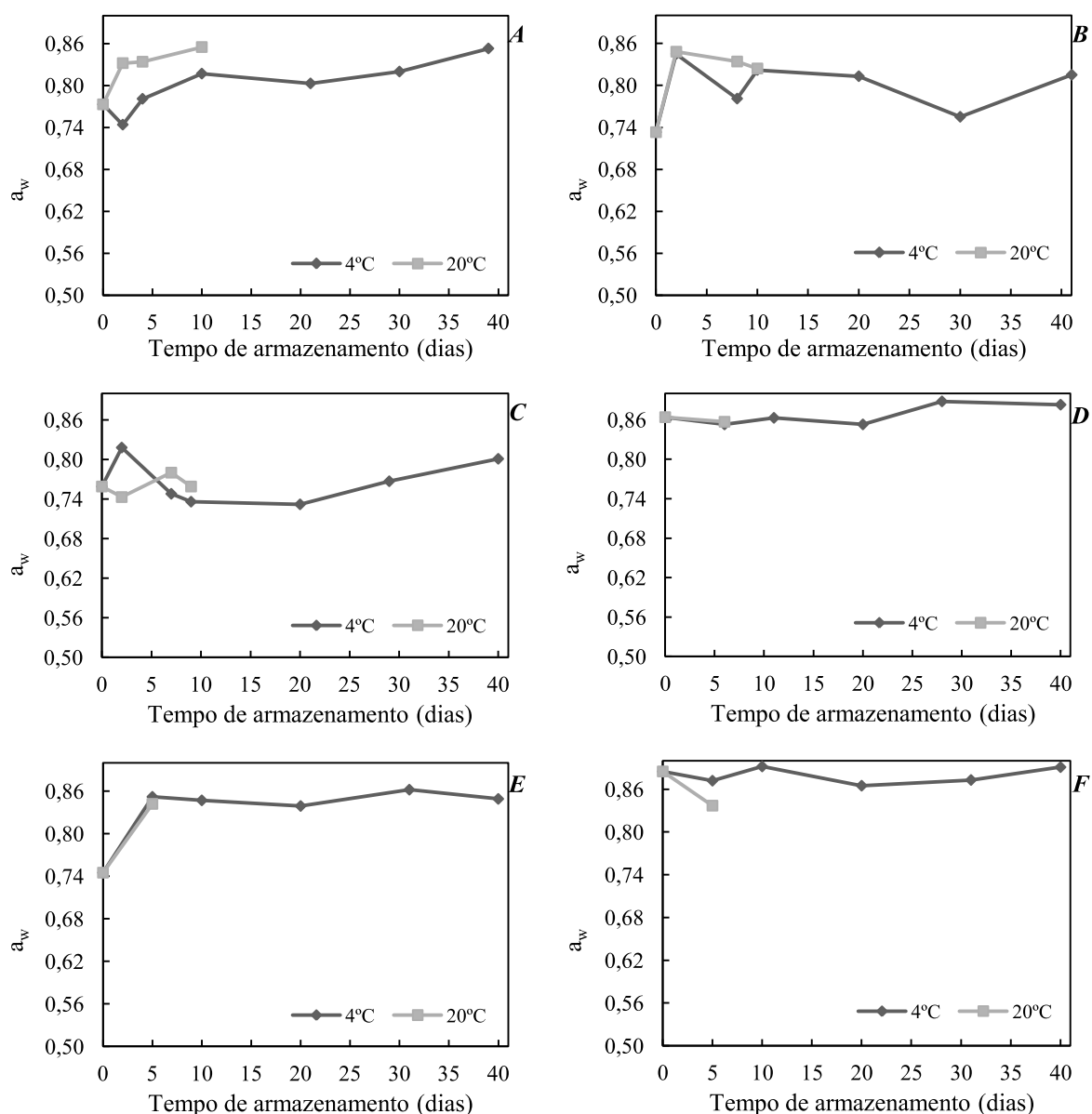


Figura 34. Atividade da água dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.1.2. Cor

Os valores de ΔE^* , representados na Figura 35, demonstram que as diferenças de cor ao longo do tempo são perceptíveis ao olho humano a partir do dia 20 no caso do filme de X:A 60:40 a 4°C e desde os primeiros dias nos filmes de X:A 80:20 e C:A 50:50. Nas restantes amostras o valor de ΔE^* é inferior a 3, pelo que se conclui que estas diferenças de cor não são detetadas pelo olho humano.

O filme em que se verifica uma alteração de cor mais significativa é o filme de C:A 50:50, que apresenta valores de ΔE^* superiores a 5.

O comportamento de L^* , H^* e C^* ao longo do tempo, nestes filmes bem como nos filmes isolados com fruta e aplicados sem e com fruta encontra-se em anexo (Anexo 4).

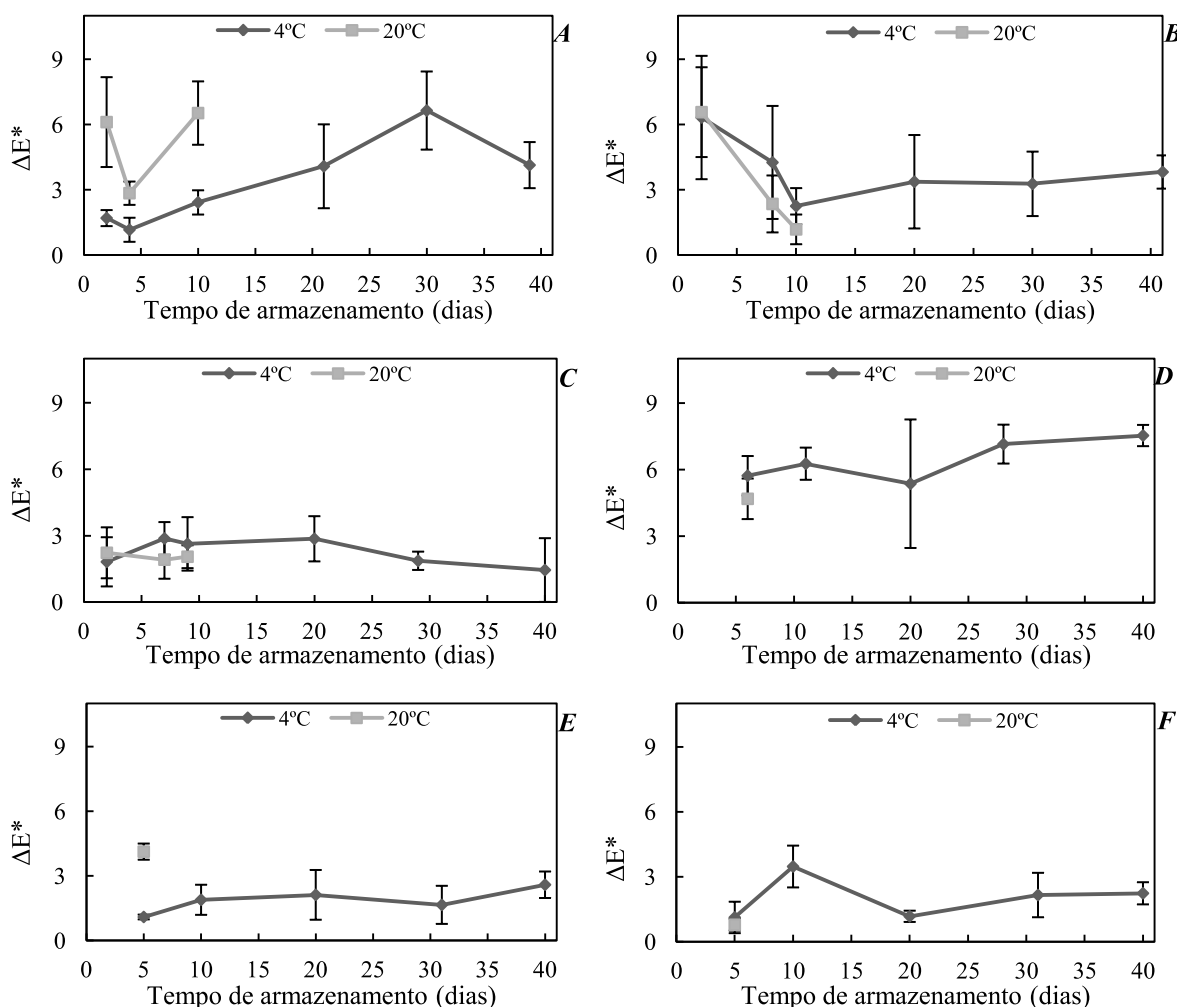


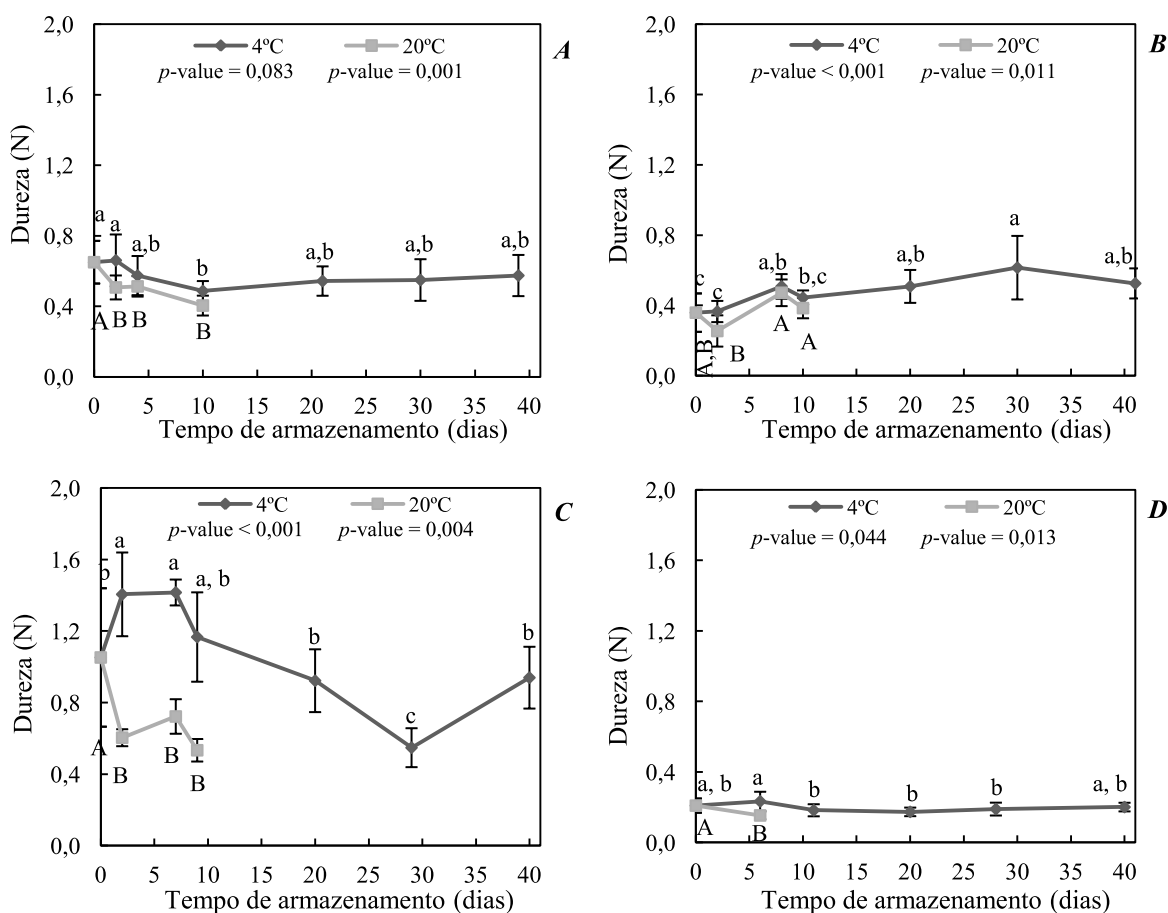
Figura 35. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes sem fruta isolados e após alguns dias de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.1.3. Propriedades de textura

A dureza dos filmes sem fruta isolados mantém-se relativamente constante ao longo do tempo, verificando-se apenas uma situação de maior irregularidade temporal, no caso do filme de X:G 20:80 (Figura 36 C). Neste caso há uma ligeira subida da dureza nos primeiros dias de armazenamento mas a partir do dia 7 esta decresce até ao dia 30, ocorrendo um ligeiro aumento no dia 40. Mais uma vez, se verifica a independência da dureza deste filme à espessura do mesmo. Pelo que é difícil perceber o comportamento da dureza neste filme.

Os restantes filmes, com exceção do filme de C:A50:50, demonstram uma correlação moderada negativa entre a dureza e a espessura dos filmes, isto é, quanto menor a espessura, maior a dureza da estrutura do filme (Tabela 11).

Como seria de esperar, encontra-se novamente um comportamento da elasticidade concordante com a da dureza (Figura 37).



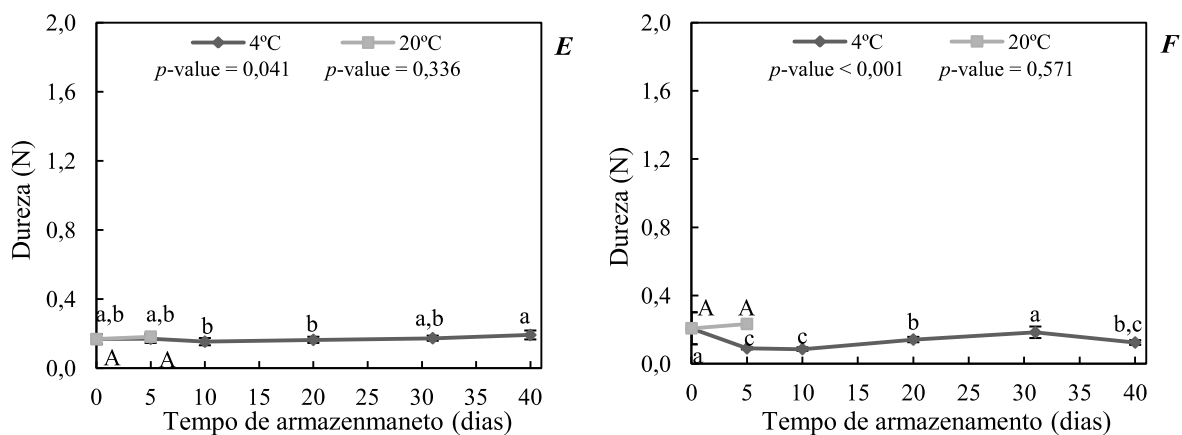
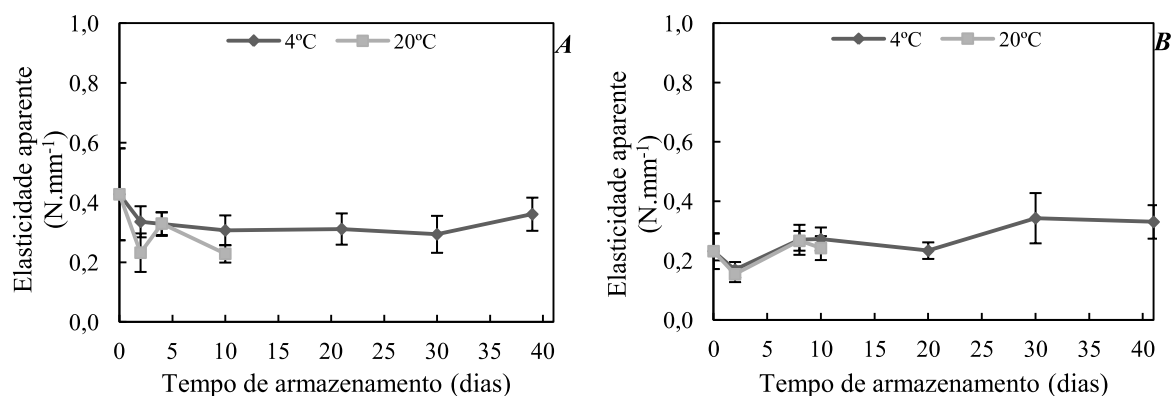


Figura 36. Evolução da dureza dos filmes edíveis sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 4°C e letras maiúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 20°C. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Tabela 11. Coeficiente de correlação entre dureza e espessura dos filmes sem fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,64	Moderada negativa
X:A 80:20	-0,38	Moderada negativa
X:G 20:80	-0,12	Fraca negativa
C:A 50:50	0,14	Fraca positiva
C:A 80:20	-0,41	Moderada negativa
C:A 20:80	-0,65	Moderada negativa



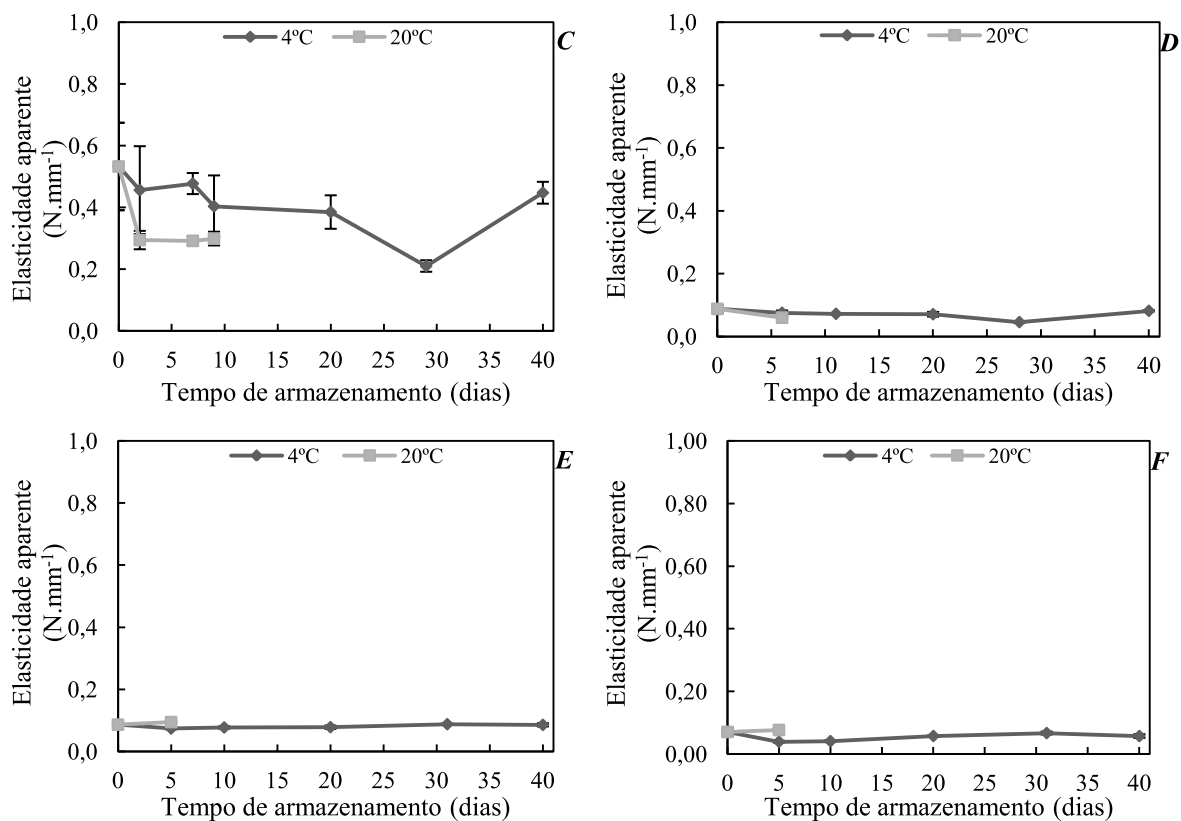
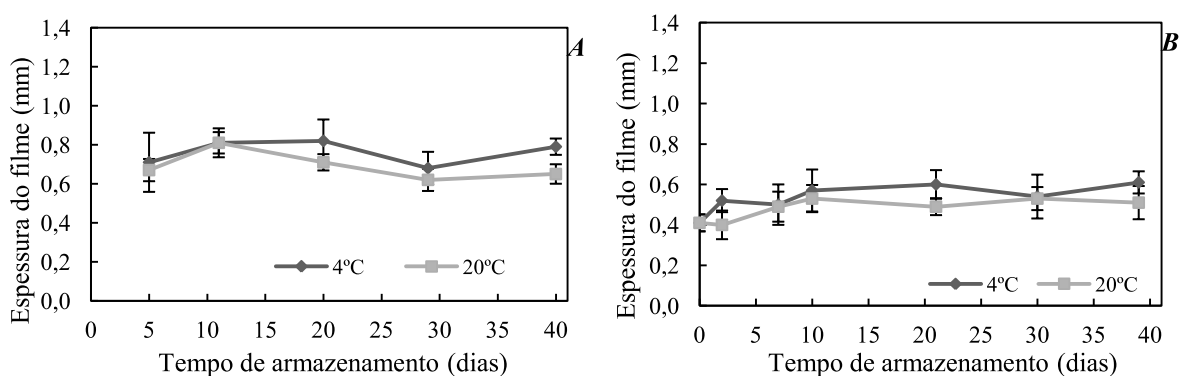


Figura 37. Evolução da elasticidade aparente dos filmes edíveis sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.2. Filmes com fruta isolados

A espessura destes filmes é apresentada na Figura 38, de modo a que seja possível averiguar a sua influência nos fatores analisados.



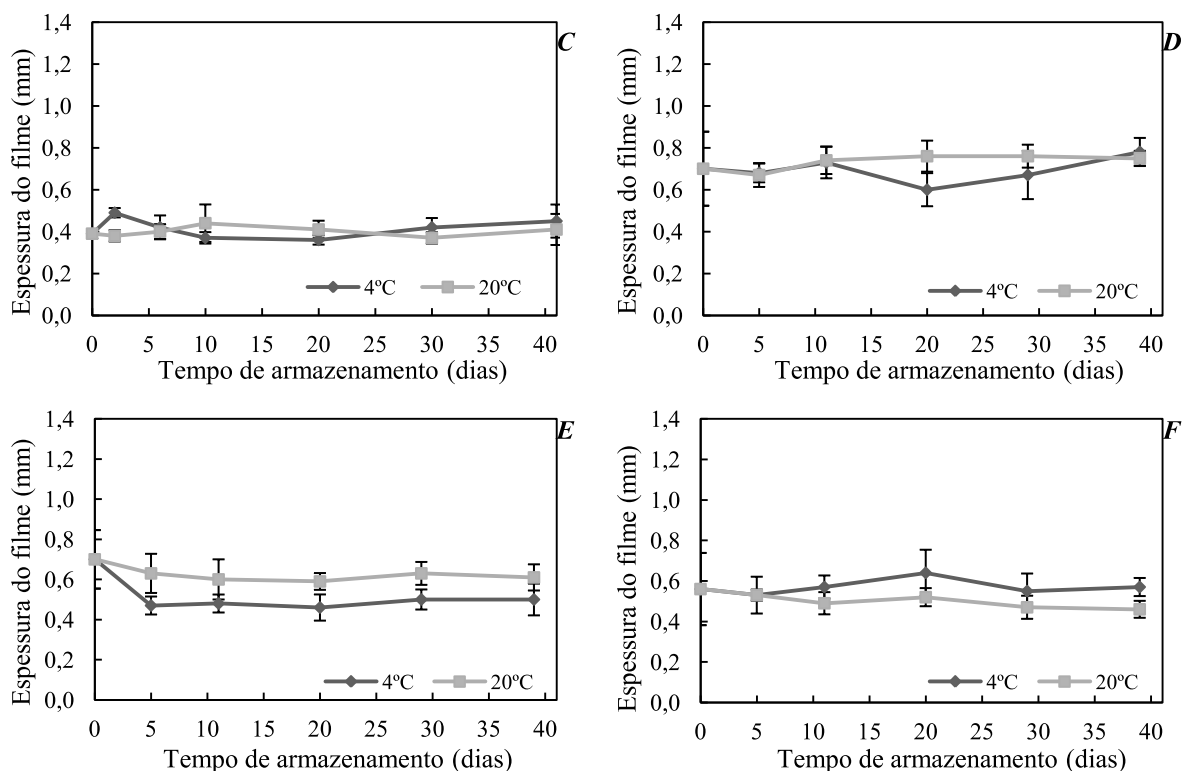


Figura 38. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C e 20°C, dos filmes com fruta isolados. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.2.1. Sólidos solúveis e atividade da água

As Figuras 39 e 40 revelam que há uma grande mudança no teor em sólidos solúveis e a_w entre o dia de realização do filme com fruta e após dois dias de armazenamento, após esta alteração este teor mantém-se estável até o quadragésimo dia de armazenamento, à exceção dos filmes e C:A 80:20 e C:A 20:80. Esta diminuição do °Brix e aumento de a_w pode dever-se ao facto de as amostras serem armazenadas imediatamente após a sua remoção do processo de secagem, a uma temperatura ainda elevada, o que pode provocar alguma condensação de água dentro do recipiente hermético e como tal, verificar-se uma descida do °Brix logo na análise do segundo dia.

Os filmes de X:A 80:20 e C:A 80:20 mostram alguma discrepância entre as amostras armazenadas a 4°C e a 20°C. No primeiro, notou-se por observação que as amostras armazenadas a 20°C teriam sofrido um maior grau de secagem, o que se verifica também pela espessura inferior à amostra a 4°C (Figura 38), pelo que a percentagem de sólidos solúveis é superior e a a_w inferior. No segundo, observou-se que a amostra a 4°C era aquela que se apresentava mais seca e com menor espessura. Nestes filmes, o °Brix demonstra uma correlação negativa, moderada e forte respetivamente, com a espessura (Tabela 12), à

qual se devem os valores de °Brix distintos entre as amostras armazenadas a 4°C e 20°C. Pelo que se pode concluir que a temperatura de armazenamento não tem influência no teor em sólidos solúveis.

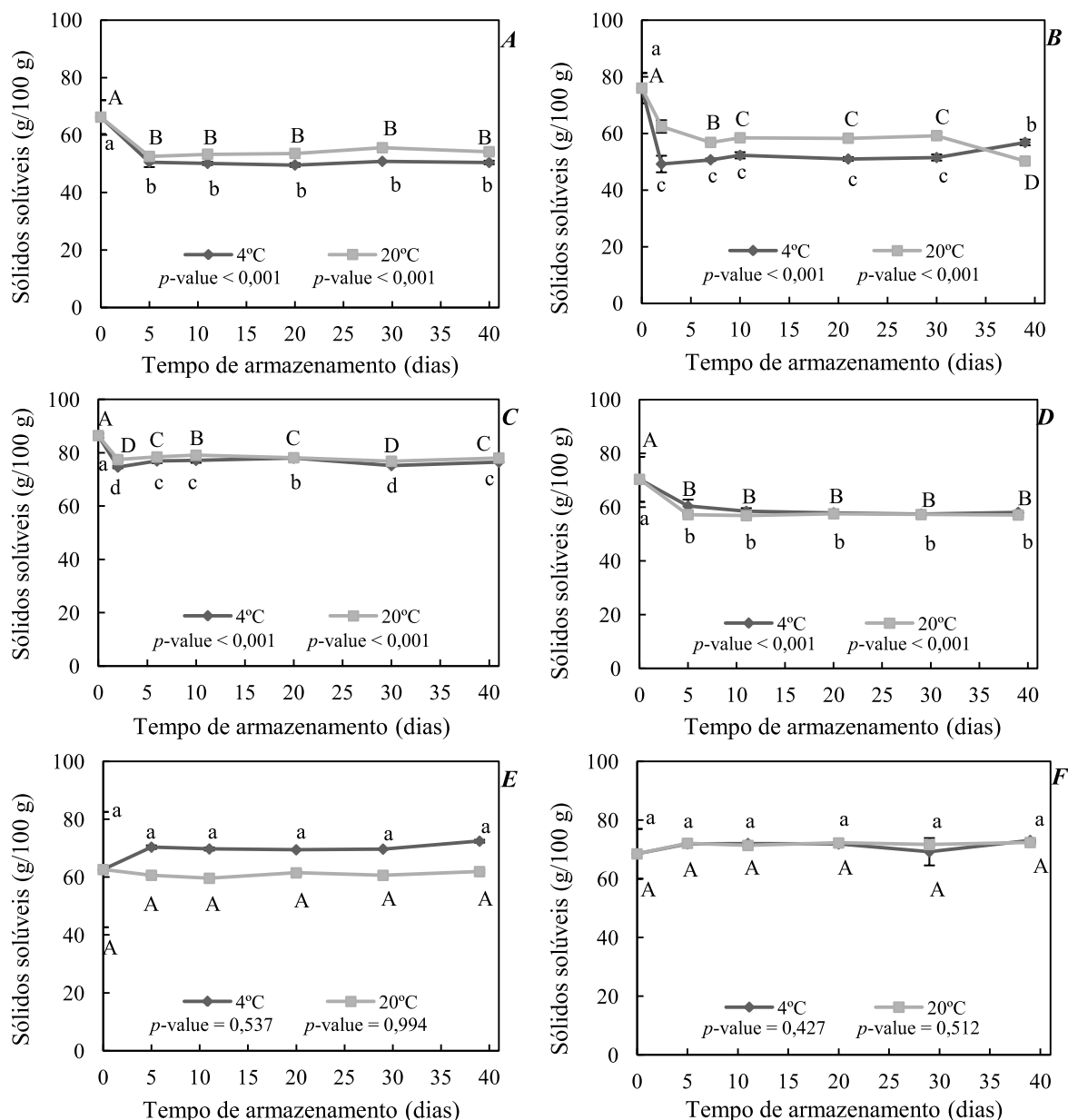
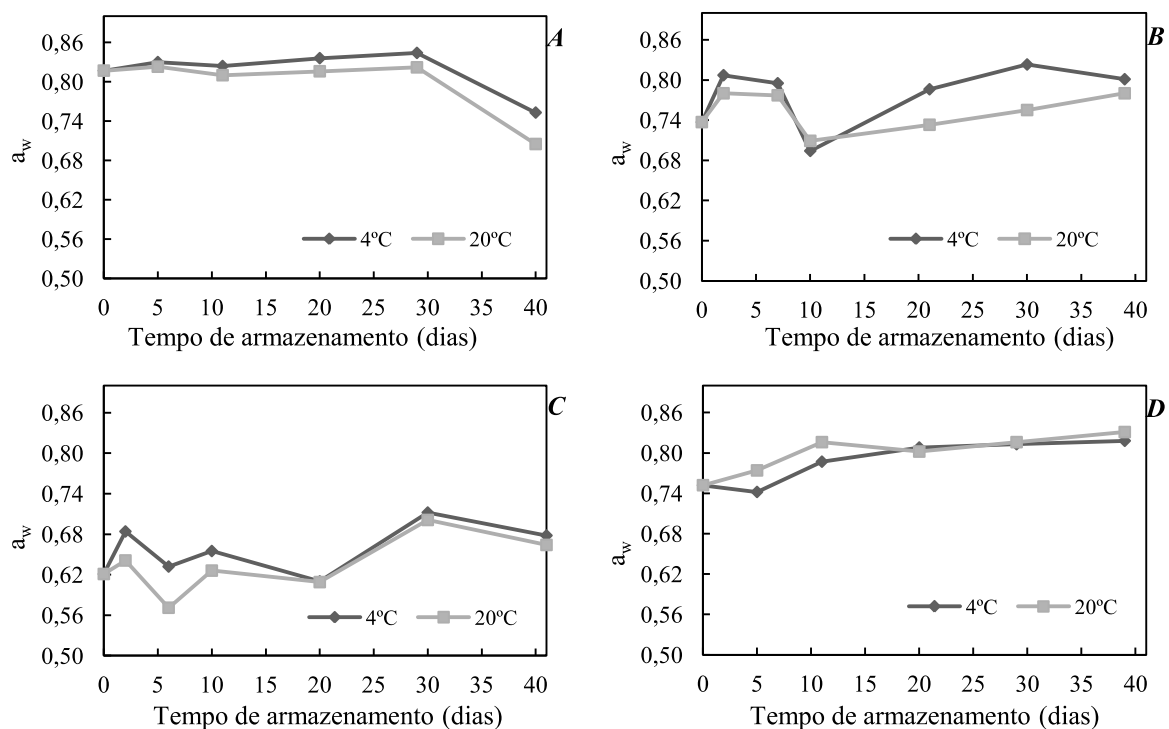


Figura 39. Teor em sólidos solúveis totais dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 4°C e letras maiúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 20°C. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Tabela 12. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes com fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,26	Fraca negativa
X:A 80:20	-0,64	Moderada negativa
X:G 20:80	-0,33	Moderada negativa
C:A 50:50	-0,13	Fraca negativa
C:A 80:20	-0,86	Forte negativa
C:A 20:80	-0,12	Fraca negativa

É importante verificar que o filme de X:G 20:80, que foi o que revelou apresentar menor a_w no dia 0, também mantém o seu valor baixo ao longo do tempo, apresentando um valor máximo de 0,712 ao dia 30 de armazenamento a 4°C, estas divergências entre análises são mais uma vez, confiadas à heterogeneidade da secagem entre amostras.



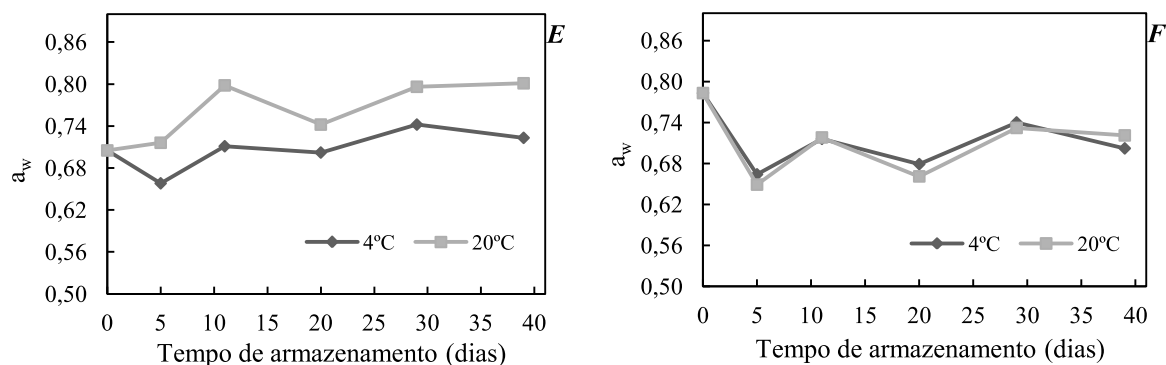


Figura 40. Atividade da água dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.2.2. Cor

A diferença de cor total entre o dia de realização do filme (dia 0) e o dia de análise, que se encontra representada na Figura 41, revela que a alteração de cor ocorre de forma mais acelerada nas amostras armazenadas a 20°C, onde o valor de ΔE^* superior a 3 surge mais cedo comparativamente à amostra do mesmo filme armazenada a 4°C e, tendo em conta o desvio-padrão, o aumento da ΔE^* ao longo do tempo é mais acentuada nas amostras à temperatura ambiente.

O único filme edível com fruta isolado que não apresenta alteração de cor perceptível ao olho humano durante 40 dias de armazenamento é o de X:A 60:40 armazenado a 4°C. E, o filme de C:A 50:50 a 4°C também só apresenta ΔE^* superior a 3 no dia 40.

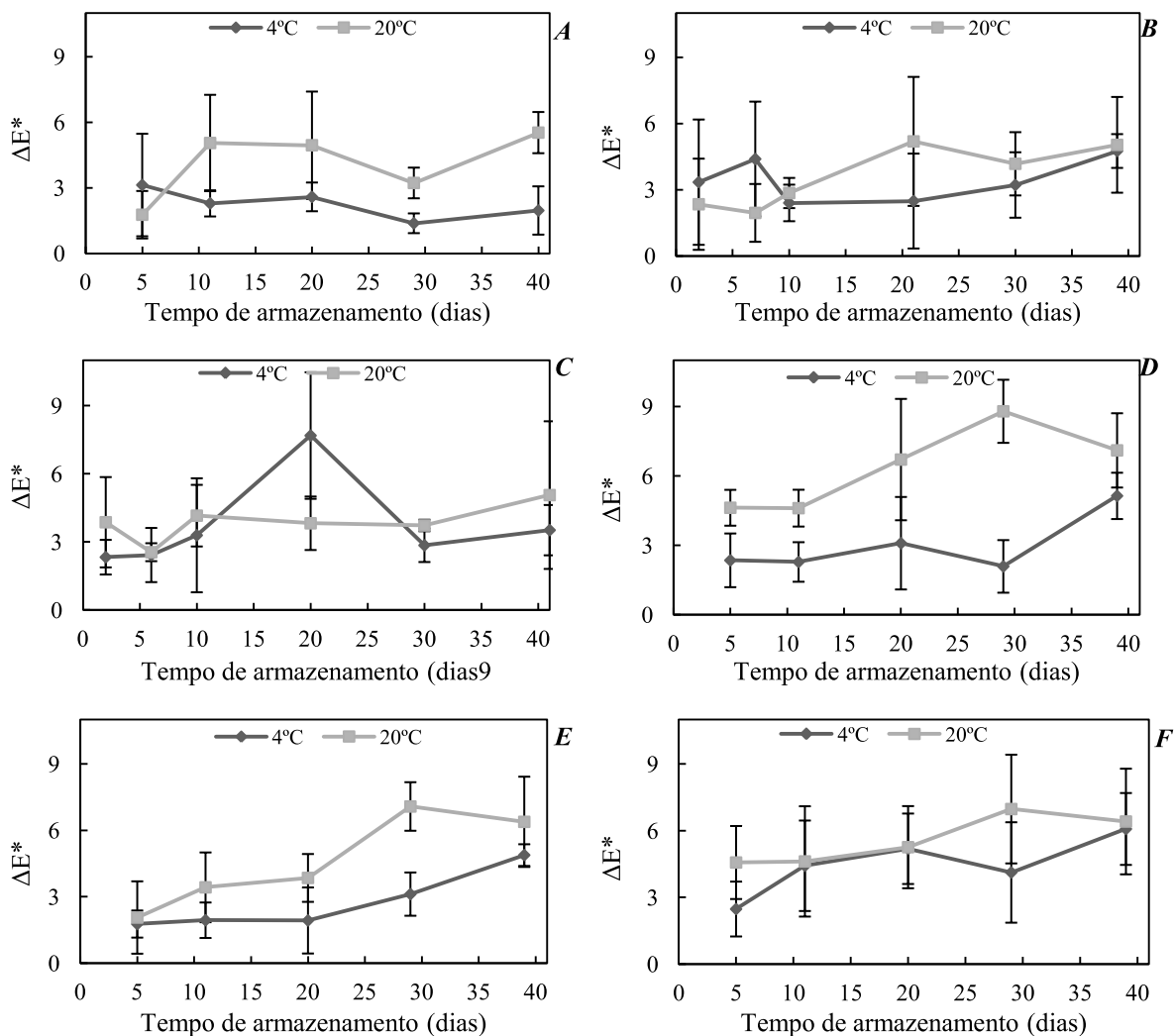


Figura 41. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes com fruta isolados e outros dias de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.2.3. Propriedades de textura

A dureza do filme de X:A 60:40 (Figura 42 A), revela um aumento nos primeiros dias de armazenamento, recuperando um valor próximo do apresentado no dia 0 a partir dos dias 10 e 20 para as amostras a 20 °C e a 4°C respectivamente.

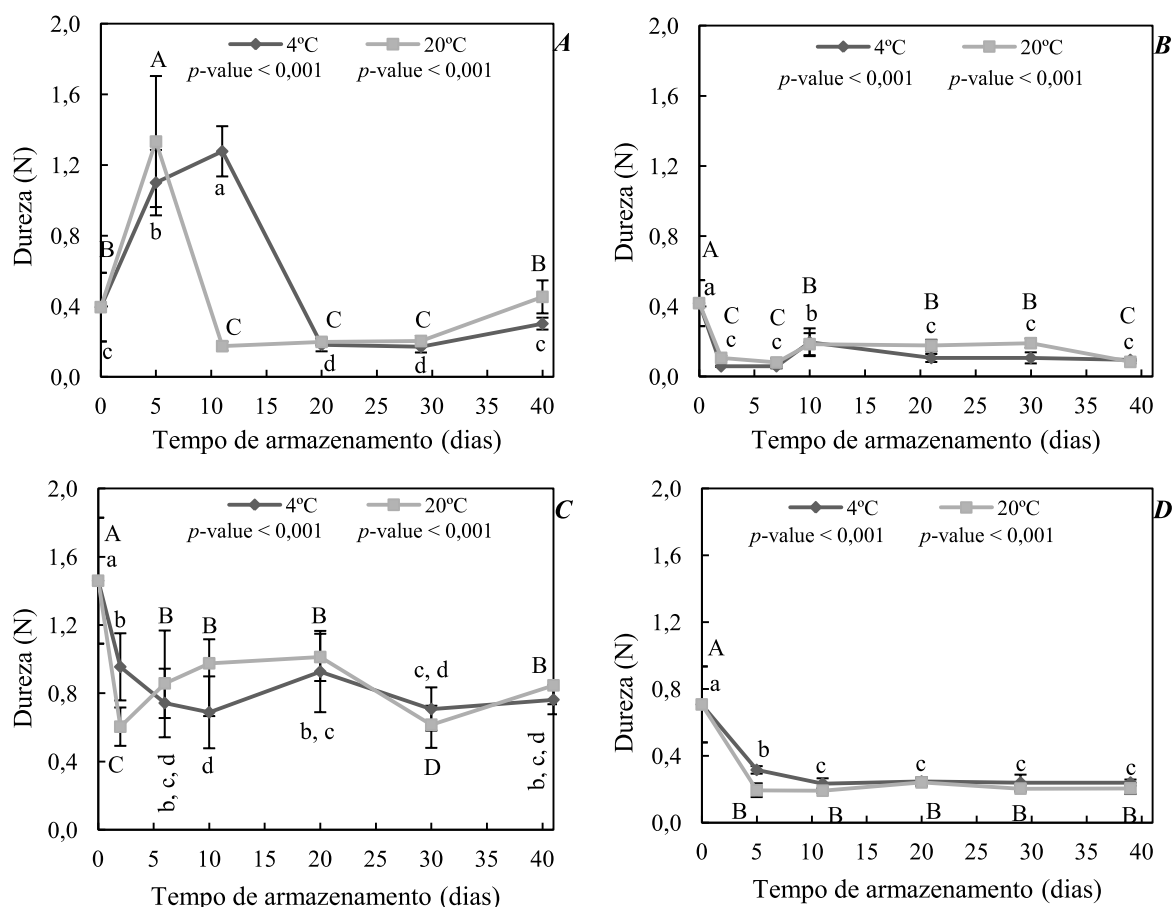
Os filmes com fruta de X:A 80:20, X:G 20:80 e C:A 50:50 sofrem uma perda significativa de dureza nos primeiros dias e depois este valor é constante até ao 40º dia de armazenamento (Figura 42 B, C e D). Este comportamento é consonante com o comportamento do °Brix, que foi justificado com a possível condensação de água na embalagem de armazenamento. Estes dados de dureza, mantêm esta hipótese, no sentido

em que a reintrodução de água nos filmes poderá ter alterado a sua estrutura diminuindo a sua dureza.

De qualquer modo, a subida da dureza do filme de X:A 60:40 nos primeiros dias de armazenamento é impercetível, uma vez que, também não se encontra correlação da dureza com a espessura deste filme (Tabela 13).

No caso do filme de C:A 80:20 (Figura 42 E), ocorre uma diminuição da dureza ao longo do tempo, mais acentuada nas amostras armazenadas a 20°C, que estará relacionada com a espessura/grau de secagem do filme, pois apresenta uma correlação moderada (Tabela 13) que indica que quanto maior a espessura, menor a dureza, justificando a diferença de valores encontrados entre as amostras armazenadas a temperaturas diferentes.

Quanto à dureza do filme de C:A 20:80, pode-se considerar que se mantém relativamente constante ao longo de todo o armazenamento (Figura 42 F), em que as diferenças significativas que ocorrem ao longo do tempo se devem à espessura das amostras (coeficiente de correlação = 0,31).



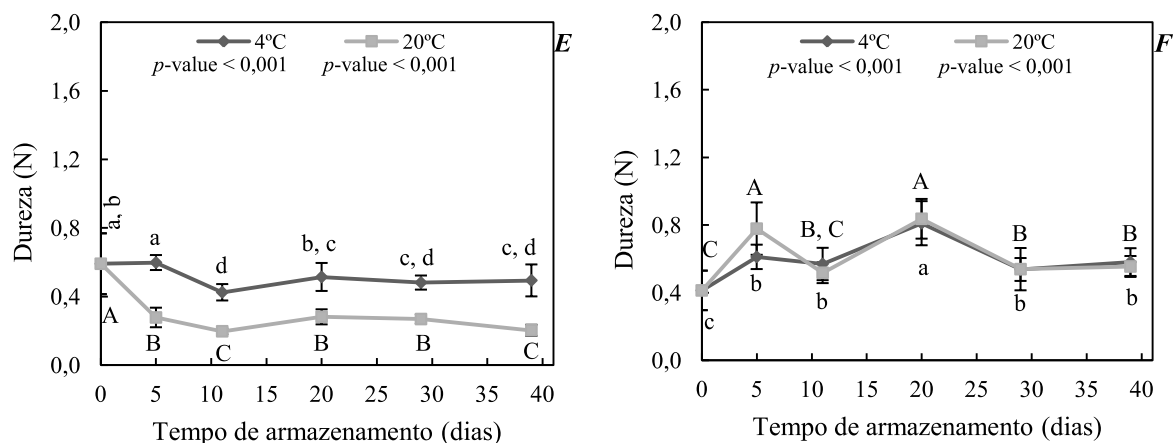


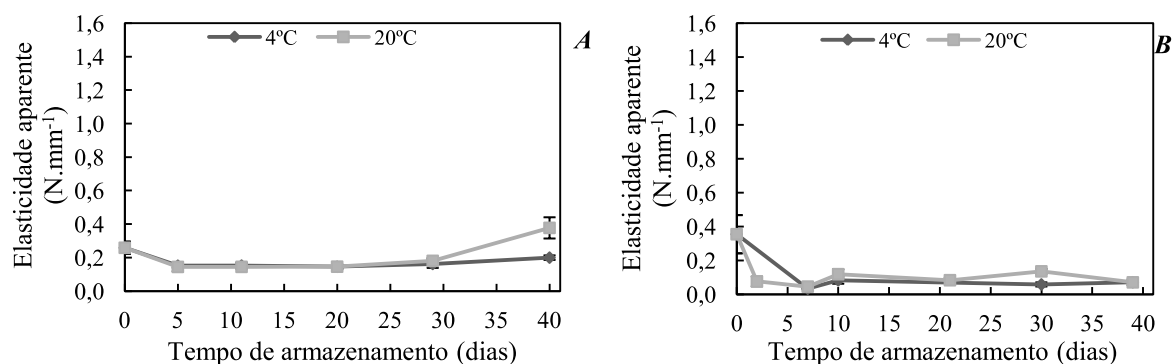
Figura 42. Evolução da dureza dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 4°C e letras maiúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 20°C. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Tabela 13. Coeficiente de correlação entre a dureza e a espessura dos filmes com fruta isolados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocolóides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,02	Fraca negativa
X:A 80:20	-0,38	Moderada negativa
X:G 20:80	0,13	Fraca positiva
C:A 50:50	-0,15	Fraca negativa
C:A 80:20	-0,44	Moderada negativa
C:A 20:80	0,31	Moderada positiva

A elasticidade aparente, revela um comportamento semelhante ao da dureza, isto é, diminui e aumenta de acordo com a diminuição e aumento da dureza (Figura 43).

O único caso de discrepância é o filme de X:A 60:40, onde, ao contrário do que ocorre com a dureza nos primeiros dias de armazenamento, a elasticidade aparente diminui desde os primeiros dias mantendo-se constante ao longo do tempo.



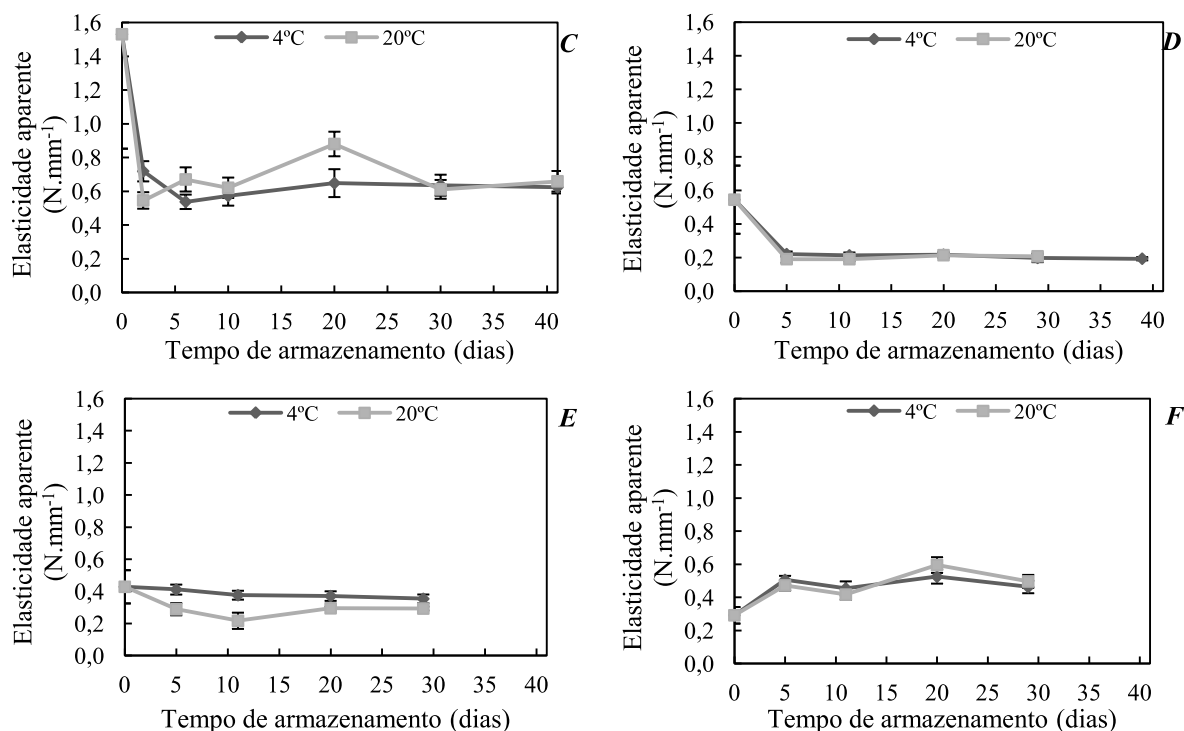


Figura 43. Evolução da elasticidade aparente dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.3. Filmes sem fruta aplicados

A espessura destes filmes é apresentada na Figura 44, de modo a que seja possível averiguar a sua influência nos fatores analisados.

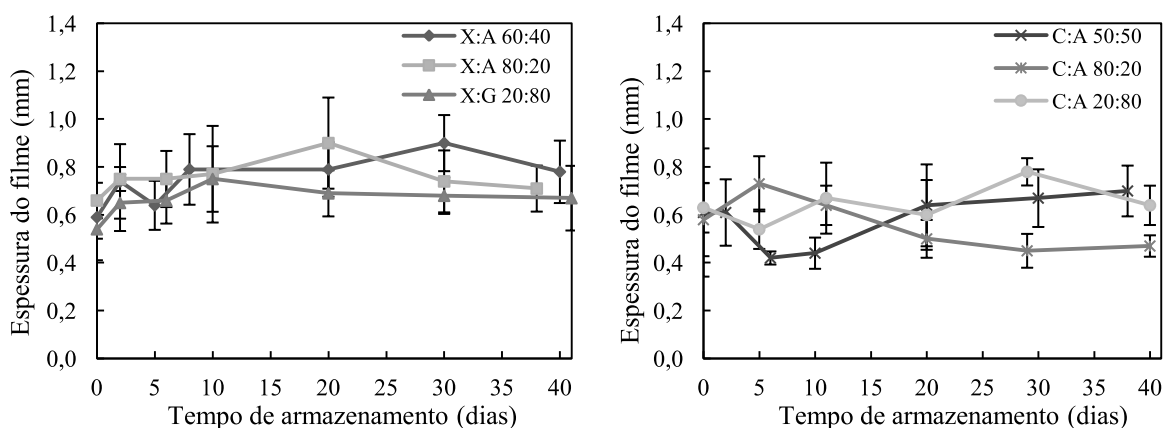


Figura 44. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C, dos filmes sem fruta aplicados.

V.3.3.1. Sólidos solúveis e atividade da água

Os valores de °Brix sofrem ligeiras alterações ao longo do tempo de armazenamento a 4°C (Figura 45). Os filmes de X:A 60:40, X:A 80:20 e X:G apresentam um ligeiro

declínio do teor em sólidos solúveis totais nos primeiros dias, dias 5, 2 e 2, respetivamente e, depois um comportamento constante até ao dia 40 nos filmes de X:A, porém no filme de X:G o °Brix diminui significativamente até ao dia 30. Estes valores estão relacionados com a espessura dos filmes, pois estão entre forte a moderadamente correlacionados com a espessura, de modo a que valores inferiores de °Brix coincidem com espessuras de filme superiores, quando o grau de secagem é inferior e a_w (Figura 46) superior.

O teor em sólidos solúveis dos filmes de C:A 50:50 e C:A 80:20 exibe um comportamento diferente, sofre um aumento significativo até ao segundo dia de armazenamento e depois diminui até ao dia 30 no caso do filme de C:A 50:50 e mantém-se constante até ao último dia de análise no caso do filme de C:A 80:20. No primeiro, o comportamento deve-se, mais uma vez, à espessura das amostras (Tabela 14) sendo independente do tempo de armazenamento.

O filme de C:A 20:80 mantém constante o seu valor de °Brix até ao dia 11, depois sofre um decréscimo significativo de cerca de 10 unidades e mantém-se de novo constante até ao dia 40. A evolução da a_w é coerente com este comportamento, que tem também alguma correlação com a espessura deste filme (Tabela 14).

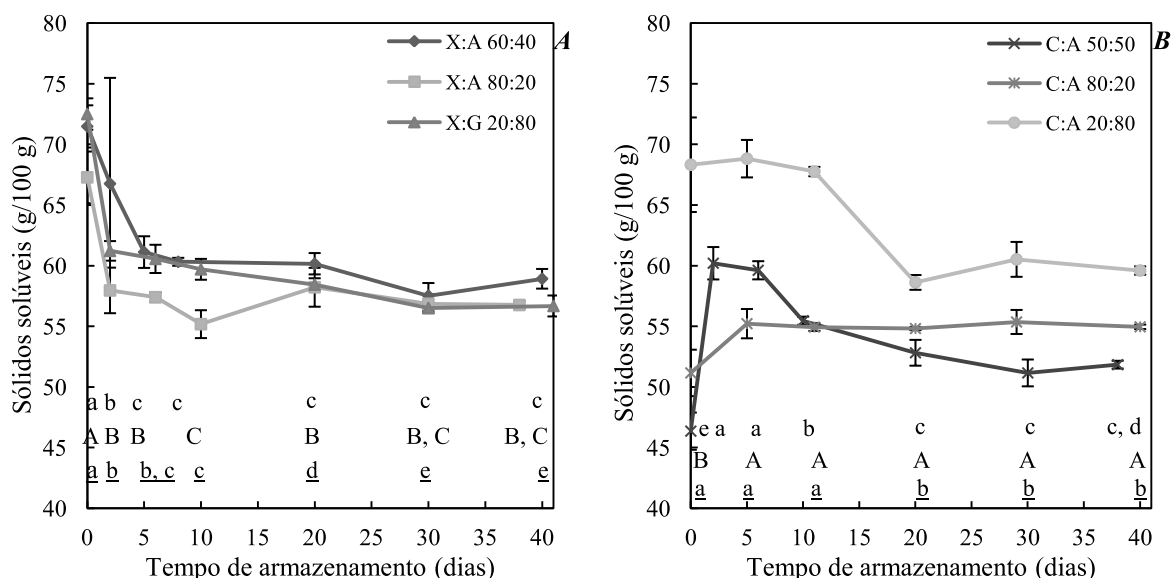


Figura 45. Teor em sólidos solúveis dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha = 0,05$. Letras minúsculas escuras correspondem aos testes dos filmes de X:A 60:40 em **A** e C:A 50:50 em **B**, letras maiúsculas correspondem aos testes de X:A 80:20 em **A** e C:A 80:20 em **B**, e letras minúsculas sublinhadas correspondem aos testes de X:G 20:80 em **A** e C:A 20:80 em **B**. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes. p -value < 0,001 nos seis testes.

Tabela 14. Coeficiente de correlação entre o ^oBrix e a espessura dos filmes sem fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,77	Forte negativa
X:A 80:20	-0,46	Moderada negativa
X:G 20:80	-0,82	Forte negativa
C:A 50:50	-0,53	Moderada negativa
C:A 80:20	-0,07	Fraca negativa
C:A 20:80	-0,35	Moderada negativa

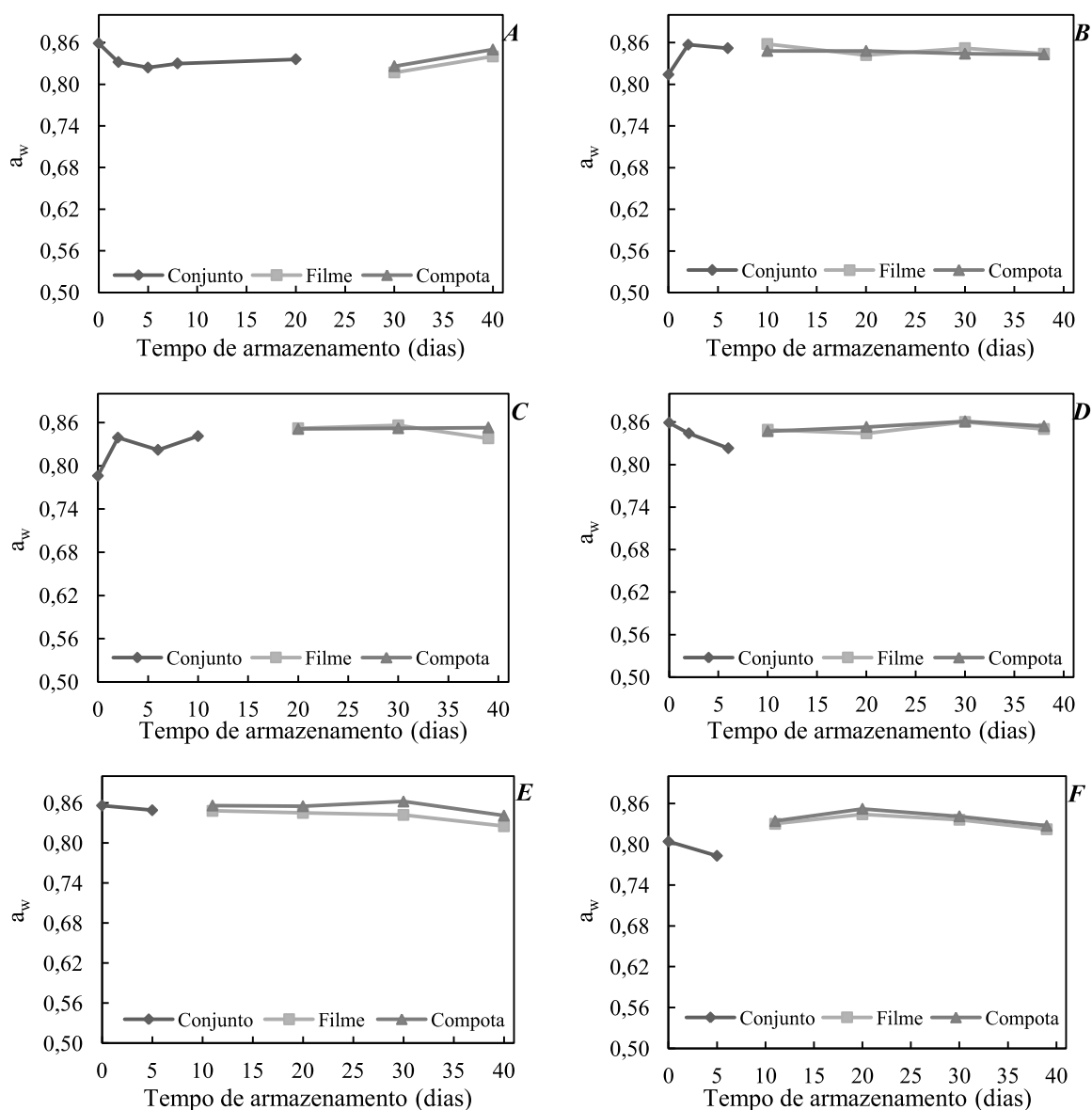


Figura 46. Atividade da água dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.3.2. Cor

As diferenças de cor são perceptíveis ao olho humano desde o segundo dia de armazenamento, na maioria dos filmes sem fruta aplicados. O filme que apresenta maior estabilidade e, portanto, menor diferença de cor ao longo do armazenamento é o filme de X:A 60:40 (Figura 47). O filme com maior alteração de cor, é o filme de C:A 50:50 (em concordância com os resultados dos filmes sem fruta isolados), cujo ΔE^* é superior a 5 desde o segundo dia de armazenamento a 4°C.

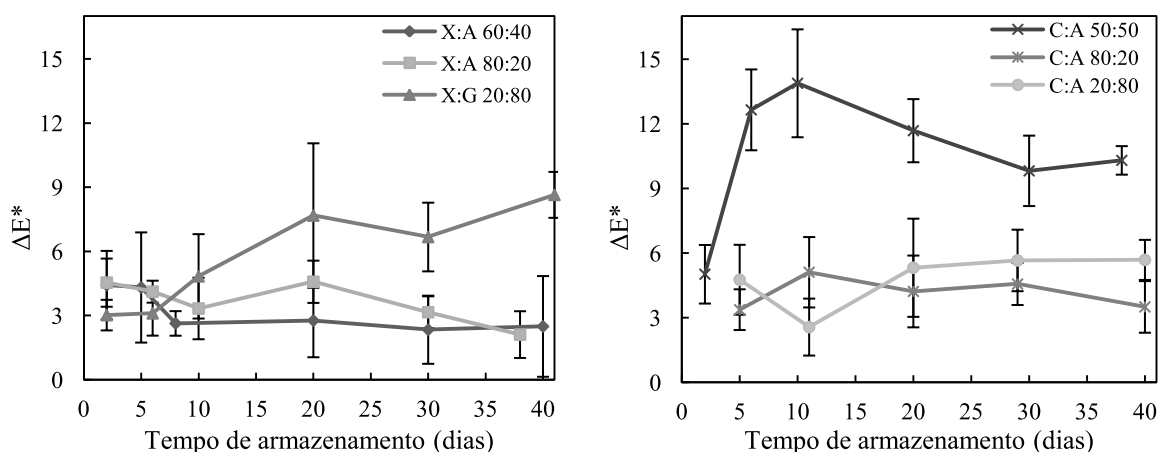


Figura 47. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes sem fruta aplicados e após alguns dias de armazenamento a 4°C.

V.3.3.3. Propriedades de textura

A dureza e a elasticidade aparente dos filmes sem fruta aplicados (Figuras 48 e 49) diminuem desde o segundo dia de armazenamento, mantendo-se depois, constantes desde o dia 10 até ao dia 40 nos filmes de X:A e X:G. Os filmes de C:A 50:50 e 20:80 atrasam a diminuição da sua dureza e elasticidade para o dia 10 e, o primeiro sofre ainda um ligeiro aumento da dureza no dia 2. Por fim, o filme de C:A 80:20 revela um aumento de dureza e elasticidade até ao dia 11 e depois mantém-se relativamente constante.

Com exceção do filme de C:A 80:20, a dureza dos restantes filmes está entre moderada a fortemente correlacionada com a espessura dos mesmos, pelo que a esta se deve os valores de dureza significativamente distintos encontrados ao longo do tempo, verificando-se mais uma vez, uma correlação negativa, entre estas duas variáveis (Tabela 15). Estes dados permitem aferir que o grau de secagem tem influência na textura dos filmes e, quanto maior for, mais duros se tornam os filmes.

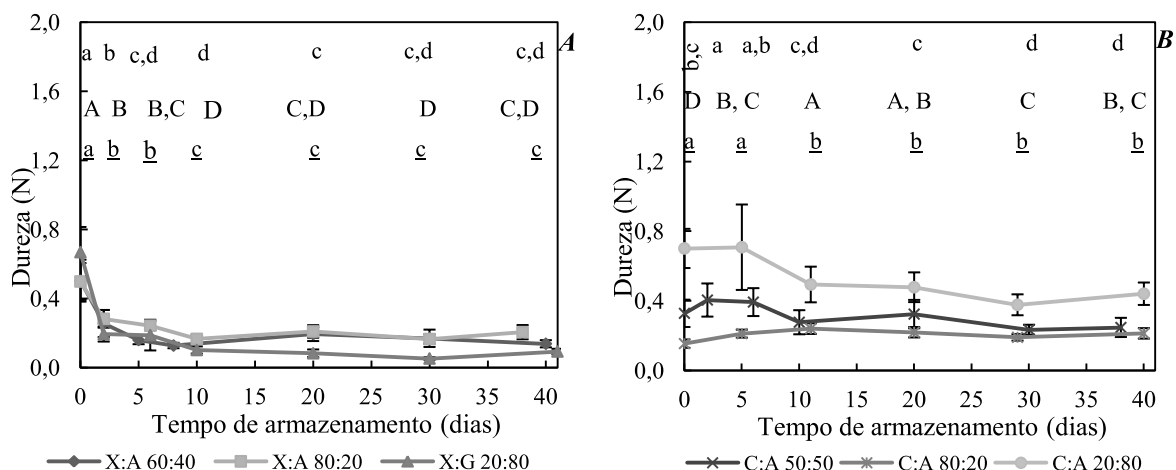
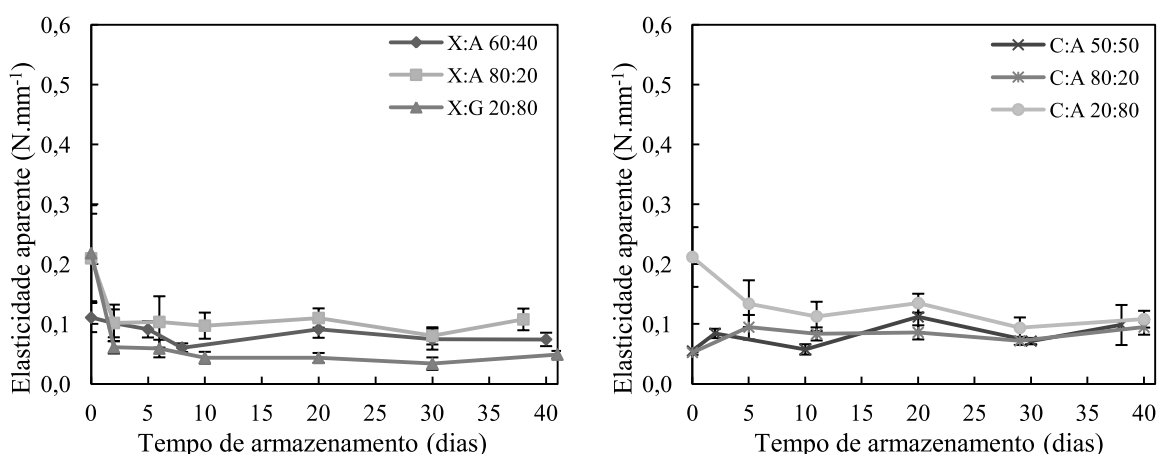


Tabela 15. Coeficiente de correlação entre a dureza e a espessura dos filmes sem fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,66	Moderada negativa
X:A 80:20	-0,54	Moderada negativa
X:G 20:80	-0,89	Forte negativa
C:A 50:50	-0,43	Moderada negativa
C:A 80:20	0,18	Fraca positiva
C:A 20:80	-0,72	Forte negativa



V.3.4. Filmes com fruta aplicados

A espessura de todas as amostras destes filmes analisadas encontra-se na Figura 50.

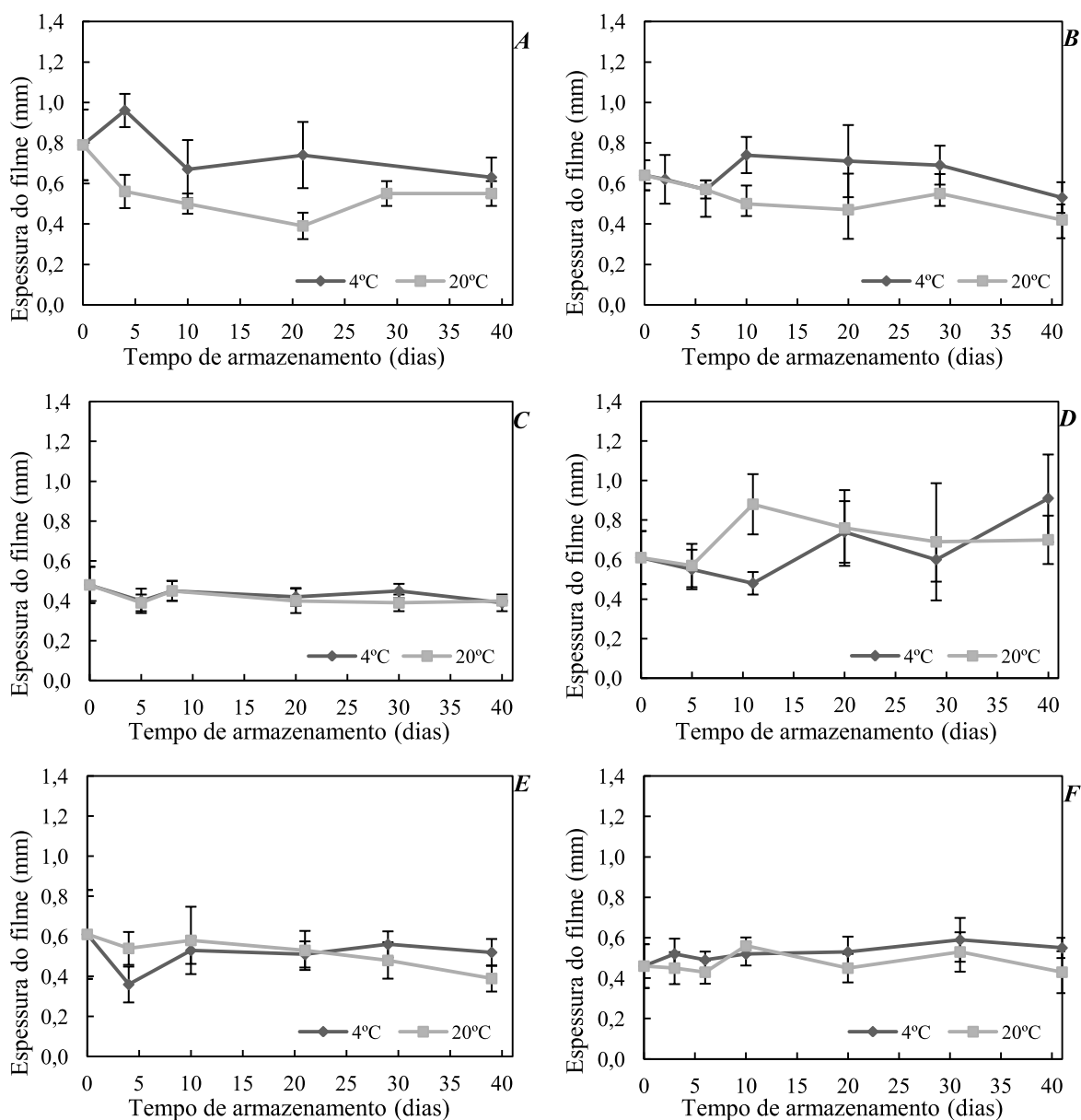


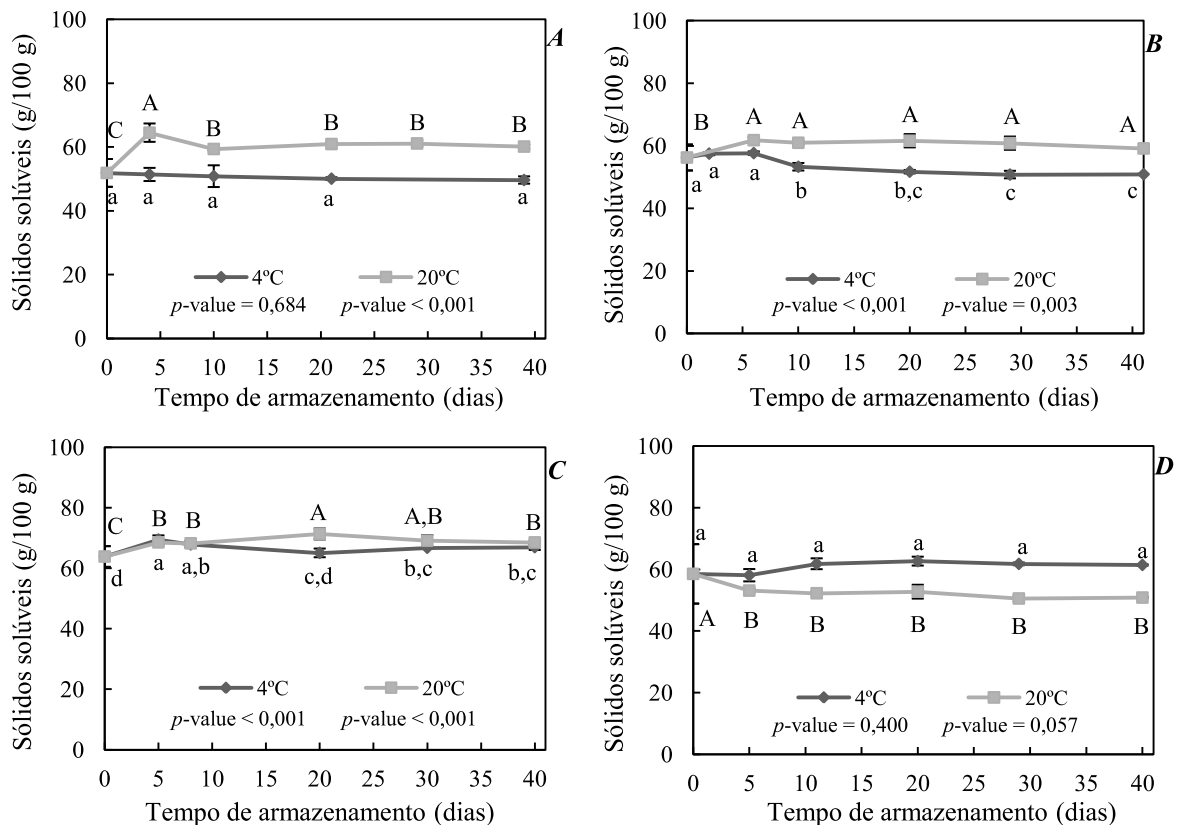
Figura 50. Valores de espessura das amostras armazenadas a 4°C e 20°C, dos filmes com fruta aplicados. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.4.1. Sólidos solúveis e atividade da água

A espessura do filme com fruta aplicado de X:A 60:40, tem forte influência no teor em sólidos solúveis (Tabela 16). A diminuição da espessura de 0,79 mm para 0,56 mm, entre o dia 0 e o dia 4, das amostras armazenadas a 20°C, conduz a um aumento do °Brix de mais de 10 unidades, após este dia, todas as amostras armazenadas a 20°C apresentam

espessura perto de 0,5 mm o que justifica o valor de °Brix sempre superior ao das amostras a 4°C, onde a sua espessura rondava os 0,6 mm (Figuras 50 e 51 A). O mesmo se verifica para o filme de X:A 80:20, especialmente a partir do dia 10 inclusive (Figuras 50 e 51 B). No caso do filme de C:A 50:50 também se denota uma diferença entre as amostras a 4°C e a 20°C, porém as amostras com menor espessura são as armazenadas a 4°C, pelo que o teor em sólidos solúveis é superior nestas (Figuras 50 e 51 D).

Nos restantes filmes, as alterações de espessura entre amostras são menos significativas e, tendo em conta o desvio-padrão da mesma, pode considerar-se que se mantém constante ao longo do tempo tal como o °Brix. Nota-se, no entanto uma alteração significativa de °Brix nos primeiros dias de armazenamento, que mais uma vez, se relaciona com a espessura/grau de secagem (Figura 51 C, E e F).



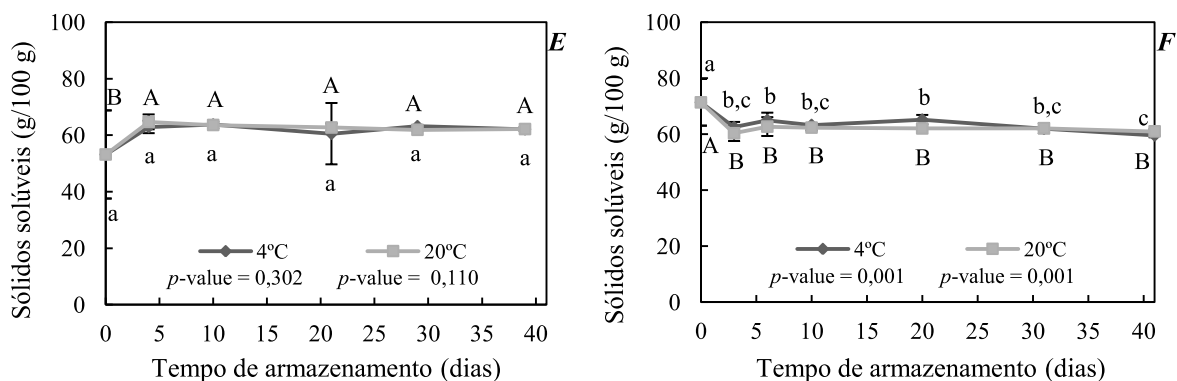


Figura 51. Teor em sólidos solúveis dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 4°C e letras maiúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 20°C. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Tabela 16. Coeficiente de correlação entre o °Brix e a espessura dos filmes com fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,72	Forte negativa
X:A 80:20	-0,60	Moderada negativa
X:G 20:80	-0,62	Moderada negativa
C:A 50:50	-0,19	Fraca negativa
C:A 80:20	-0,31	Moderada negativa
C:A 20:80	-0,15	Fraca negativa

A a_w dos filmes é inferior à a_w da compota no caso dos filmes de X:A e X:G, em especial nas amostras armazenadas a 20°C e, verifica-se que ao longo do tempo ocorre uma aproximação dos seus valores, mais concretamente nos dias 30 e 40 (Figura 52 A, B e C).

Por observação, verificou-se que os filmes com fruta aplicados sofriam perda de cor na área em contacto com a compota, o que sugere a ocorrência de migração de água da compota para o filme e/ou a passagem de constituintes da puré de maçã para a compota. Este acontecimento justificará o comportamento de aproximação de valores de a_w entre o filme e a compota. Os valores de a_w dos filmes de C:A e da compota destes estão mais aproximados ao longo do tempo.

As diferenças entre as amostras a 4°C e 20°C dos mesmos filmes e entre os diversos dias de armazenamento, estão relacionadas com a espessura/grau de secagem, e estão de acordo com as diferenças de °Brix. Desta forma, regista-se novamente a independência destes fatores, relativamente ao tempo e temperatura de armazenamento.

Mais uma vez, o filme de X:G é o que apresenta menor a_w ao longo do tempo (Figura 52 C).

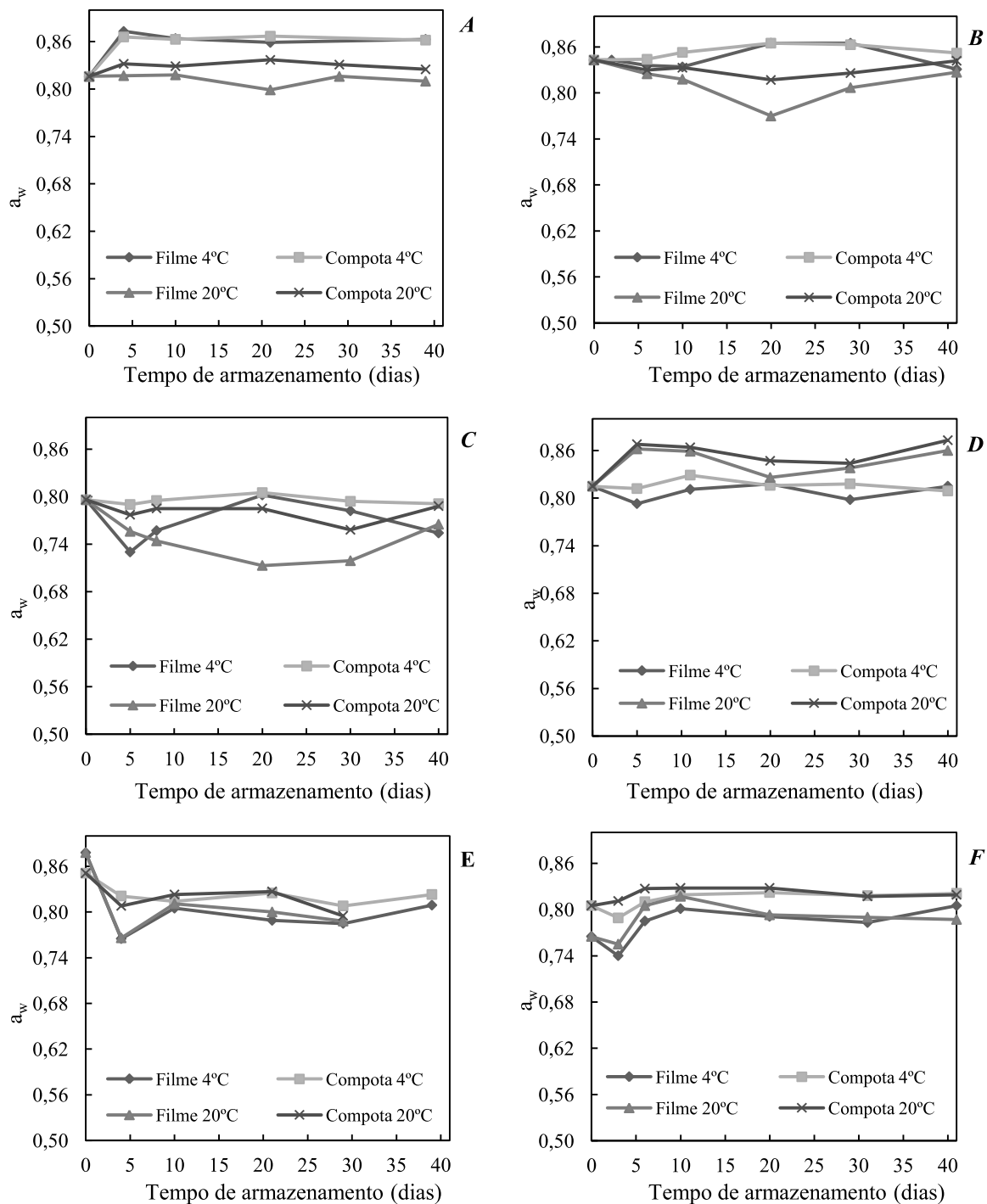
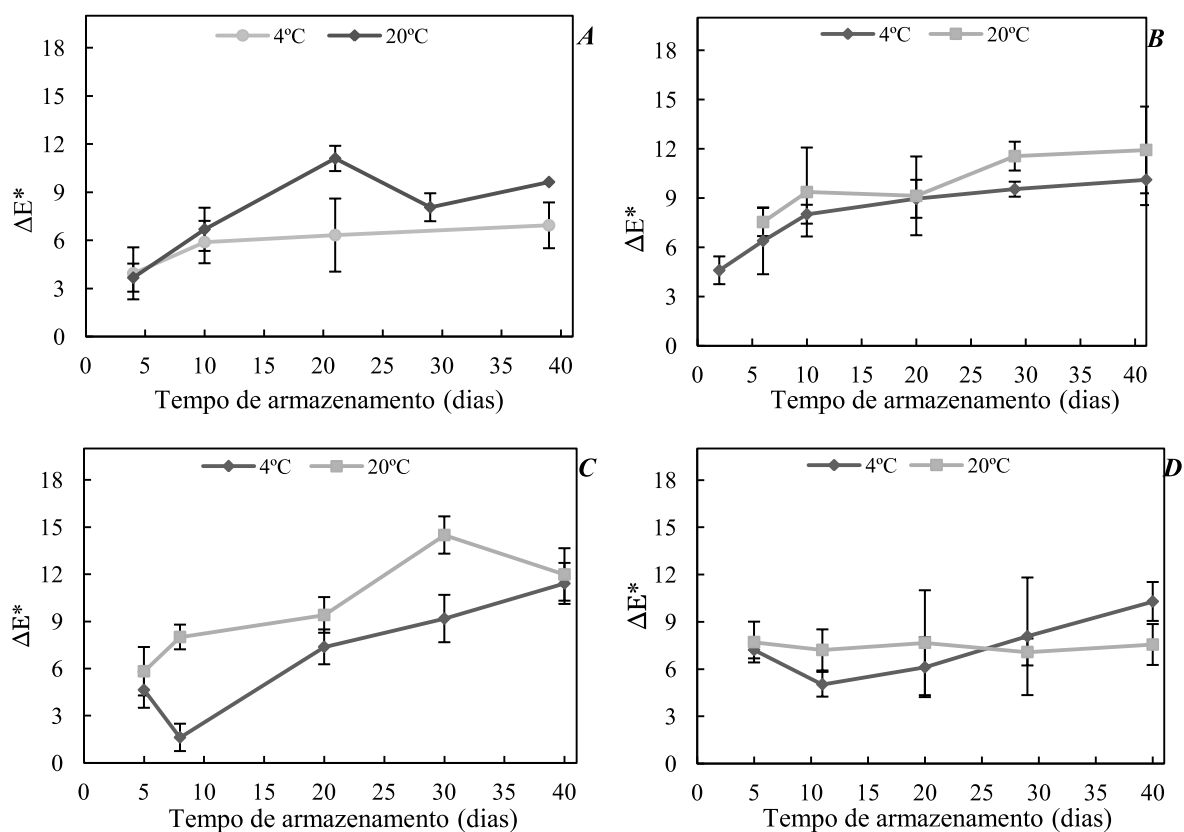


Figura 52. Atividade da água dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.4.2. Cor

Os filmes com fruta aplicados sofrem alterações de cor perceptíveis ao olho humano desde o segundo dia de armazenamento e sexto dia no caso do filme de C:A 20:80 (Figura 53). Esta diferença de cor comparativa ao dia 0, é crescente ao longo do tempo, exceto no filme de C:A 50:50 a 20°C e, nota-se ser mais acentuada nas amostras a 20°C no caso dos filmes de X:G e C:A 20:80.

Nos filmes com fruta isolados, os valores de ΔE^* calculados foram inferiores, portanto, estes valores mais acentuados nos filmes aplicados, dever-se-ão ao observado a olho nu, de que os filmes perdem cor na área em contacto com a compota e sustenta a hipótese do transporte de água e/ou constituintes da maçã entre a compota e o filme.



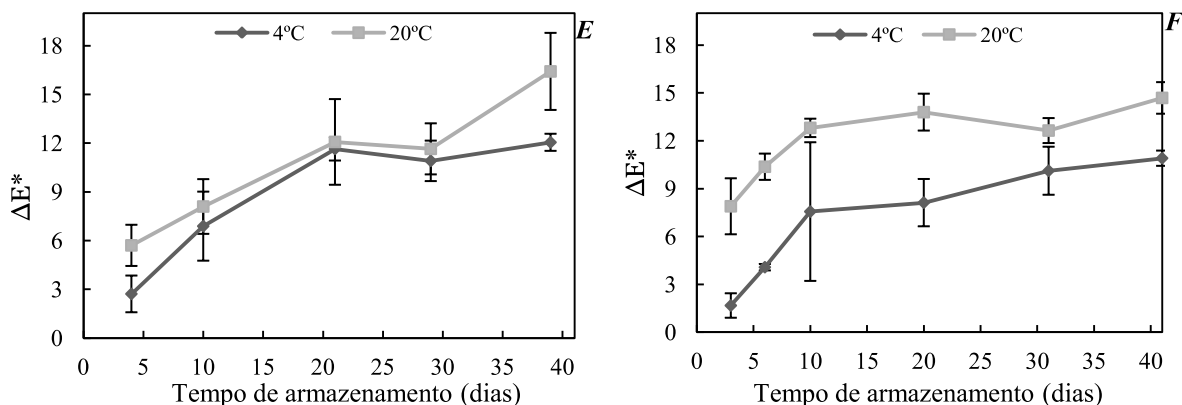


Figura 53. Diferença de cor entre o dia de realização dos filmes com fruta aplicados e outros dias de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.3.4.3. Propriedades de textura

A dureza demonstra ser fortemente influenciada pela espessura dos filmes de X:A (Figuras 50 e 54), sendo superior quanto menor é a espessura (Tabela 17). Pelo que será a esta que se devem as diferenças significativas de dureza encontradas nestes filmes. Espessura menor reflete um maior grau de secagem, que influenciará a estrutura do filme formado, influenciando assim as suas propriedades de textura, tornando-o mais duro.

A textura dos filmes de X:G e C:A 50:50, também está relacionada com a espessura dos mesmos, onde se verifica uma correlação negativa entre a dureza e a espessura.

Porém, o comportamento da dureza dos filmes de C:A 80:20 e C:A 20:80 não são justificados pela espessura das amostras. Verifica-se um aumento significativo da dureza nos primeiros dias de armazenamento a 4°C seguida de uma diminuição para um valor igual ao inicial, em C:A 80:20, e inferior ao inicial, em C:A 20:80. Nas amostras armazenadas a 20°C, encontra-se um aumento da dureza nos primeiros dias no filme de C:A 80:20 seguida de uma diminuição até ao valor próximo do inicial e, no filme de C:A 20:80 observa-se uma diminuição significativa da dureza até ao dia 6, que posteriormente se mantém constante até ao dia 40.

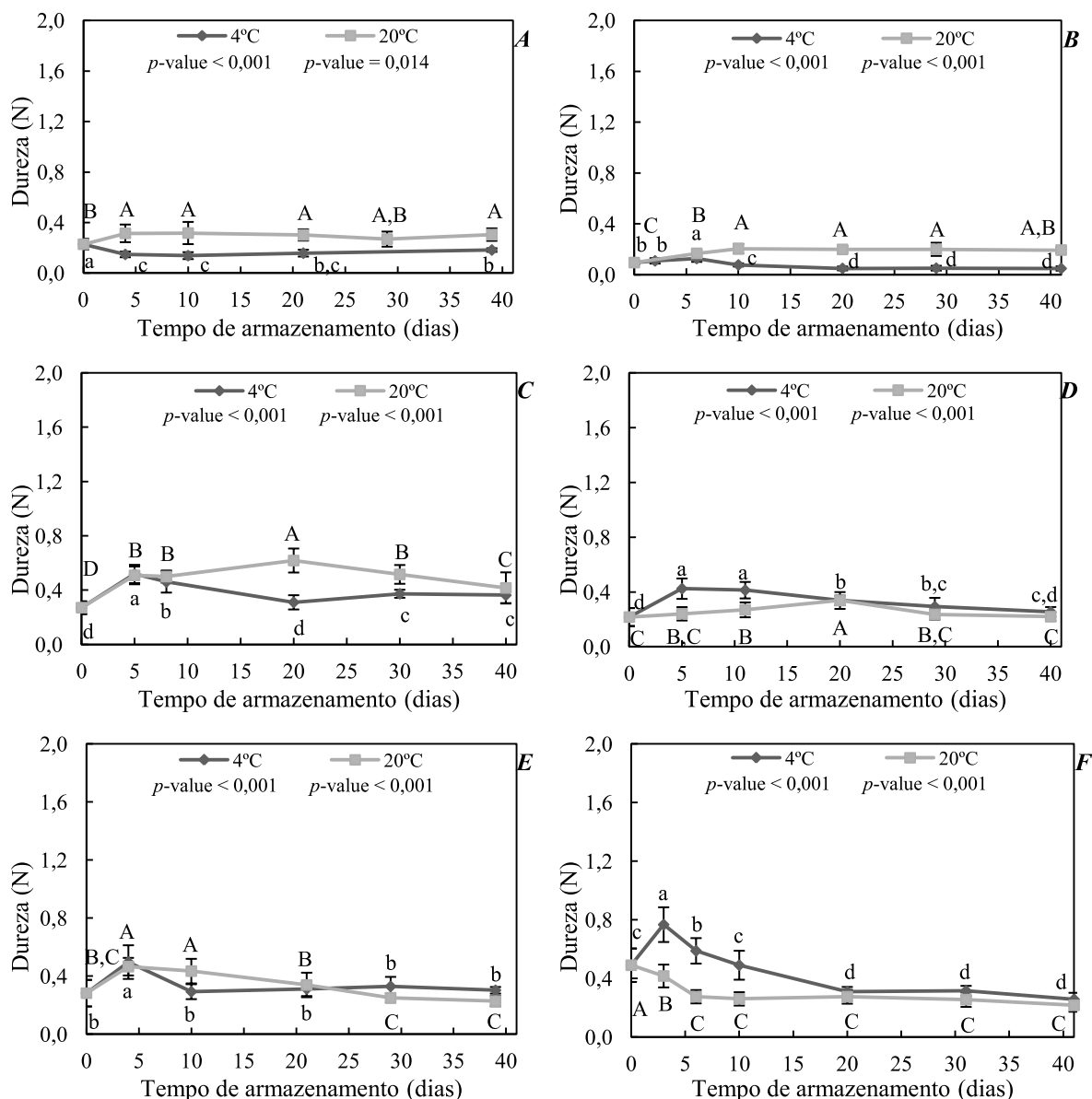


Figura 54. Evolução da dureza dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80. Separação de médias pelo teste de Duncan para $\alpha=0,05$. Letras minúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 4°C e letras maiúsculas corresponde ao teste das amostras armazenadas a 20°C. Letras diferentes correspondem a médias estatisticamente diferentes.

Tabela 17. Coeficiente de correlação entre a dureza e a espessura dos filmes com fruta aplicados, calculado pelas médias das variáveis ao longo do tempo.

Hidrocoloides	Coeficiente de correlação	
X:A 60:40	-0,76	Forte negativa
X:A 80:20	-0,76	Forte negativa
X:G 20:80	-0,49	Moderada negativa
C:A 50:50	-0,39	Moderada negativa
C:A 80:20	-0,07	Fraca negativa
C:A 20:80	0,01	Fraca positiva

O comportamento da elasticidade destes filmes é um pouco incoerente e nem sempre com concordância com os dados da dureza, o que torna difícil o seu entendimento (Figura 55).

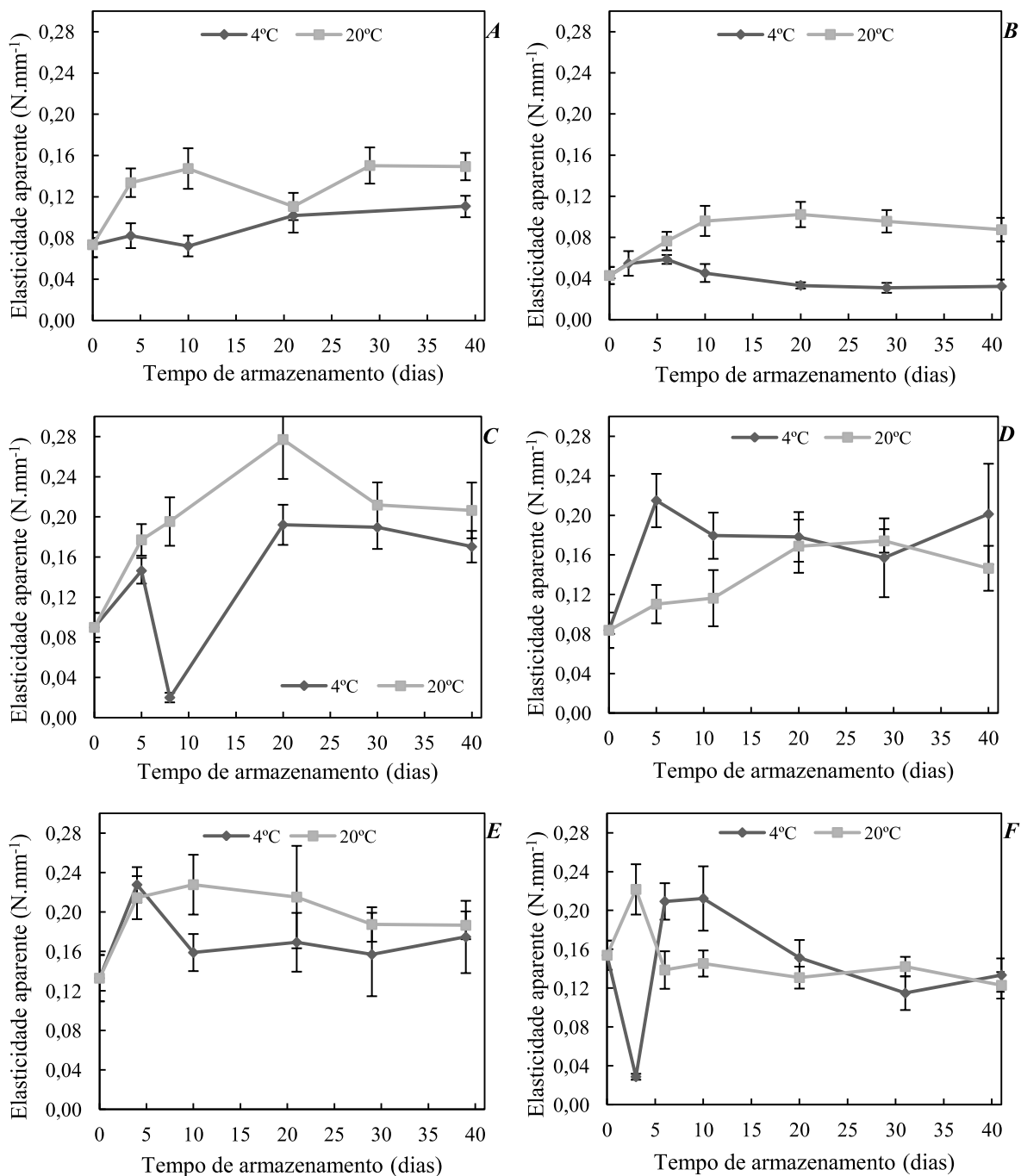


Figura 55. Evolução da elasticidade aparente dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

V.5. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada no ambiente empresarial da Frulact, evitando os colaboradores em contacto próximo com clientes e tendenciosos. A caracterização dos provadores encontra-se em anexo (Anexo 2). Foi realizada uma análise de comparação entre géneros, sendo importante saber que o painel era constituído por 25 mulheres (64 %) e 14 homens (36 %).

V.5.1. Teste afetivo de aceitação

Em média, o filme de X:A 80:20 com fruta foi aquele que obteve maior classificação no sabor, na textura e na impressão global do produto (Figura 56). Porém, na cor, todos os filmes encontram a mesma classificação, à exceção do filme de X:G sem fruta com menor classificação, que de resto, se revela como o pior classificado em todas as características organoléticas bem como na impressão global, revelando uma classificação não superior a 3 (“Desgostei moderadamente”) na textura e na impressão global, dada pelos dois géneros (Figuras 56, 57 e 58).

Verifica-se que os provadores atribuem principalmente importância à textura dos filmes para classificá-los na impressão global.

Os filmes com fruta obtiveram melhor classificação na textura e impressão global. A cor é o atributo mais consensual entre amostras, registando-se uma classificação média para os produtos sem e com fruta. As observações dadas por alguns provadores revelam que alguns não gostam da cor amarelada dos produtos com fruta, preferindo a cor mais translúcida do filme de X:A sem fruta.

Ao serem comparadas classificações entre géneros, verifica-se que o género masculino classifica o filme de X:A 80:20 sem fruta como o melhor em termos de sabor e cor (Figuras 57 e 58). Gostando da textura e do produto no global, deste filme tanto quanto dos filmes com fruta. Pelo contrário, o género feminino atribui sempre melhor classificação ao filme de X:A 80:20 com fruta.

Em anexo encontram-se resultados deste teste com classificação individual (1 a 9) para cada amostra fornecida aos provadores (Anexo 3).

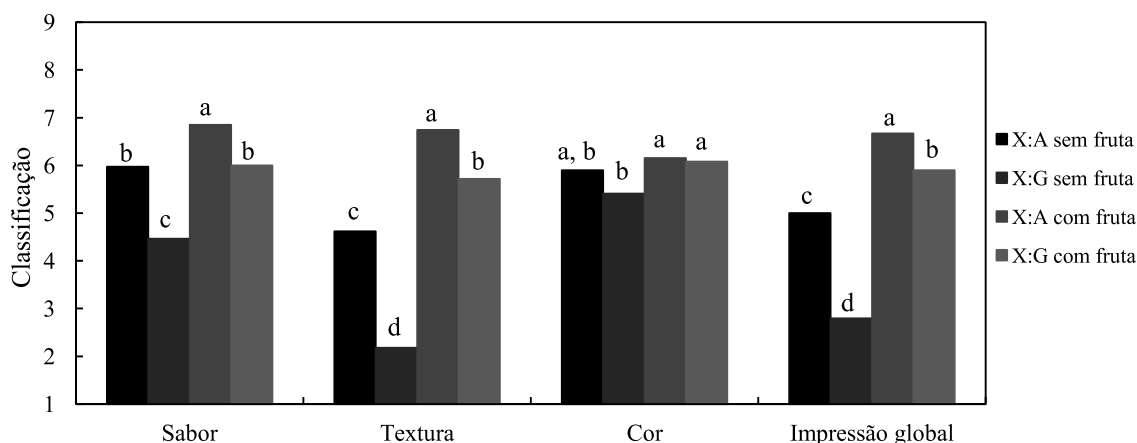


Figura 56. Classificação média das características organoléticas dos filmes aplicados analisados. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada por parâmetros organoléticos separadamente.

De salientar que o gênero feminino preferiu o sabor dos produtos com fruta aos produtos sem fruta (Figura 57), no entanto, uma provadora referiu que não gostava do sabor daqueles por ser demasiado ácido. Esta acidez deve-se à maçã, em geral é bem aceite e permite uma maior segurança alimentar, como verificado na análise microbiológica.

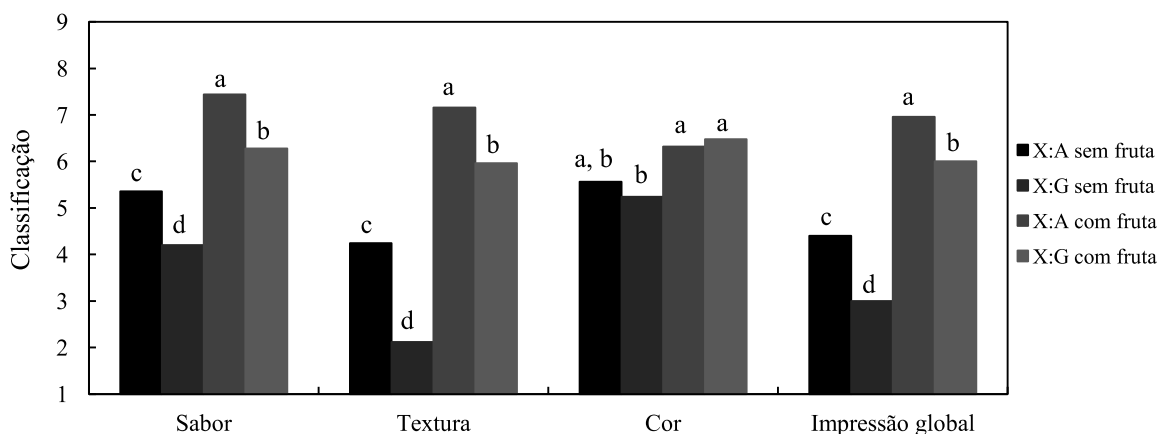


Figura 57. Classificação média das características organoléticas dos filmes aplicados analisados, dada pelos consumidores do gênero feminino. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada por parâmetros organoléticos separadamente.

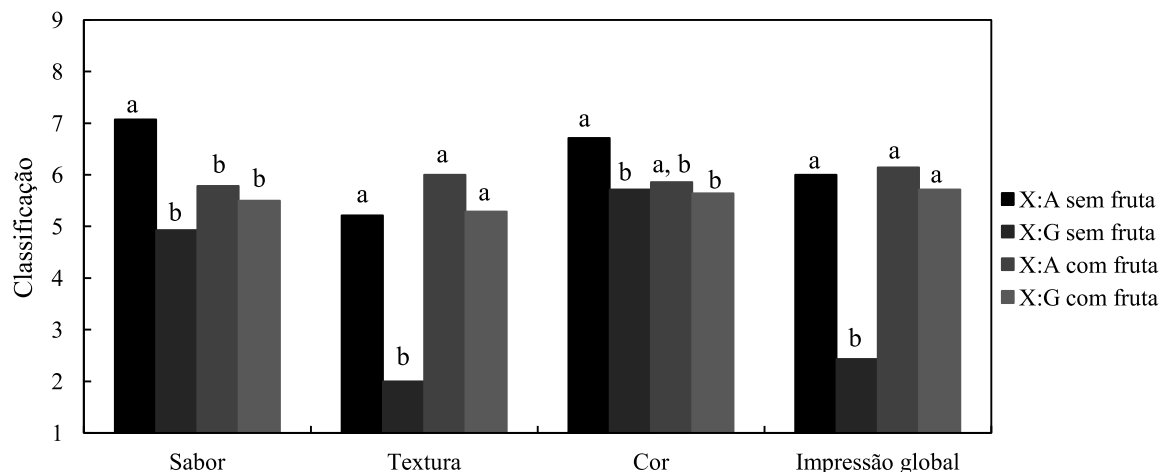


Figura 58. Classificação média das características organoléticas dos filmes aplicados analisados, dada pelos consumidores do género masculino. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada por parâmetros organoléticos separadamente.

V.5.2. Teste afetivo de preferência

Em concordância com o teste afetivo de aceitação, o teste de preferência demonstra que o filme de X:A com fruta é o preferido dos provadores. O segundo preferido é o X:G com fruta e o menos preferido, é claramente o de X:G sem fruta (Figura 59). O painel de consumidores comentou que este filme é demasiado duro e difícil de ser cortado pelos dentes, o que revela mais uma vez, que a textura é a característica determinante na aceitação deste produto.

No entanto, entre géneros há uma discrepância de escolhas (Figura 60 e 61). O preferido dos homens é o filme de X:A sem fruta, onde 50% destes selecionou este filme em primeiro lugar. E, os filmes com fruta encontram-se na mesma posição (Figura 61). Porém, 64% das mulheres preferem o filme de X:A com fruta, com igualdade estatística com o filme de X:G com fruta. O filme de X:A sem fruta encontra-se em segundo lugar, como demonstra a análise estatística (figura 60). Quanto ao filme de X:G sem fruta, este é claramente o filme menos preferido por todos.

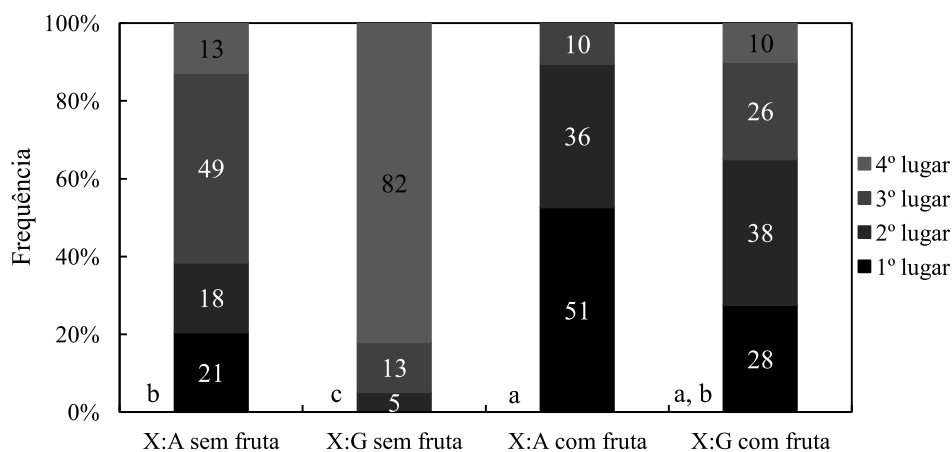


Figura 59. Preferência dos consumidores, relativamente aos filmes analisados. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada para cada formulação separadamente.

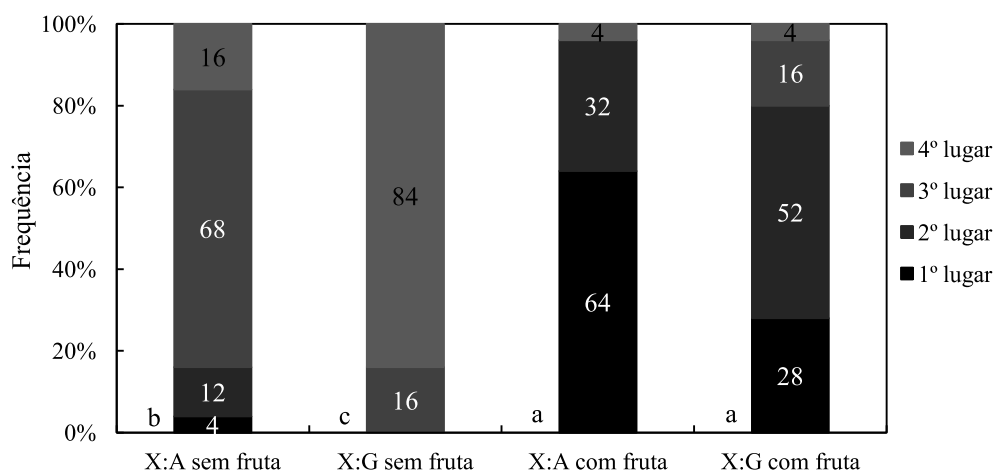


Figura 60. Preferência dos consumidores, relativamente aos filmes analisados, dada pelos consumidores do género feminino. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada para cada formulação separadamente.

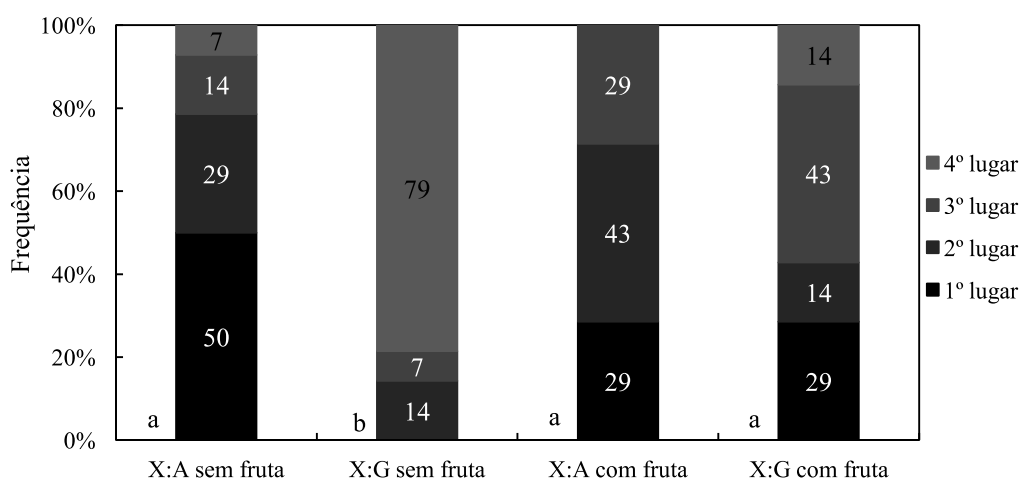


Figura 61. Preferência dos consumidores, relativamente aos filmes analisados, dada pelos consumidores do género masculino. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada para cada formulação separadamente.

V.5.3. Teste de aceitação comercial

O filme preferido (X:A com fruta), é aquele que pode ser consumido com maior regularidade, pois 21% dos consumidores referiu que “Comeria muito frequentemente” (6) e ainda 13% que “Comeria sempre” (7). 52% dos provadores classificou este filme entre 7 “Comeria sempre” e 5 “Comeria frequentemente”. (Figura 62).

31% dos provadores selecionou “Comeria ocasionalmente” (4) o filme de X:A sem fruta. Mais uma vez, se verifica a rejeição do filme de X:G sem fruta, sendo o que seria menor comprado, com 59% dos provadores a afirmar que “Nunca comeria” (1).

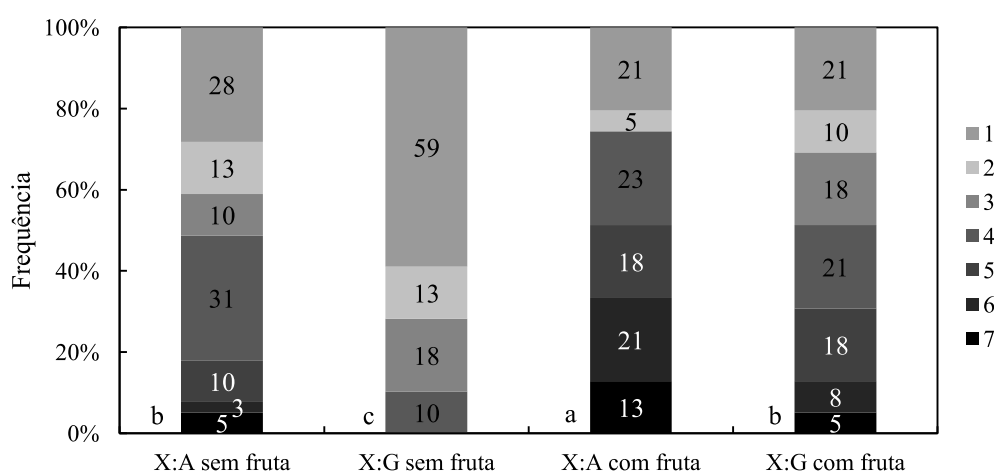


Figura 62. Aceitação comercial dos filmes analisados. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada para cada formulação separadamente.

Da comparação entre géneros, a principal conclusão é que o género feminino é o mais recetivo a este tipo de produto, onde se verifica maior frequência nas classificações 7 e 6 (Figuras 63 e 64). Sem dúvida, o filme que mais seria consumido é o de X:A com fruta, seguido do filme de X:G com fruta, seguindo-se o filme de X:A sem fruta e por fim o de X:G sem fruta. Este género é o que mais rejeita os filmes sem fruta.

Em concordância com os dados do teste de preferência, em que não se verificavam diferenças significativas entre os filmes de X:A sem fruta e os filmes com fruta nos género masculino, também neste teste se verifica que estes três filmes, poderão ser consumidos com a mesma frequência, por este género. O filme de X:G sem fruta é o que menos seria comprado, pois a classificação máxima foi de 3 “Comeria raramente”, dada pelo género masculino e de 4 “Comeria ocasionalmente” pelo género feminino.

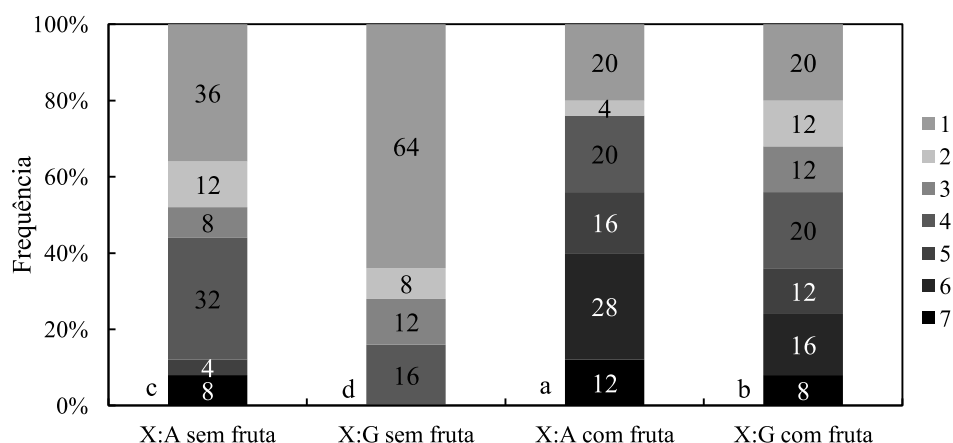


Figura 63. Aceitação comercial dos filmes analisados, dos provadores do género feminino. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada para cada formulação separadamente.

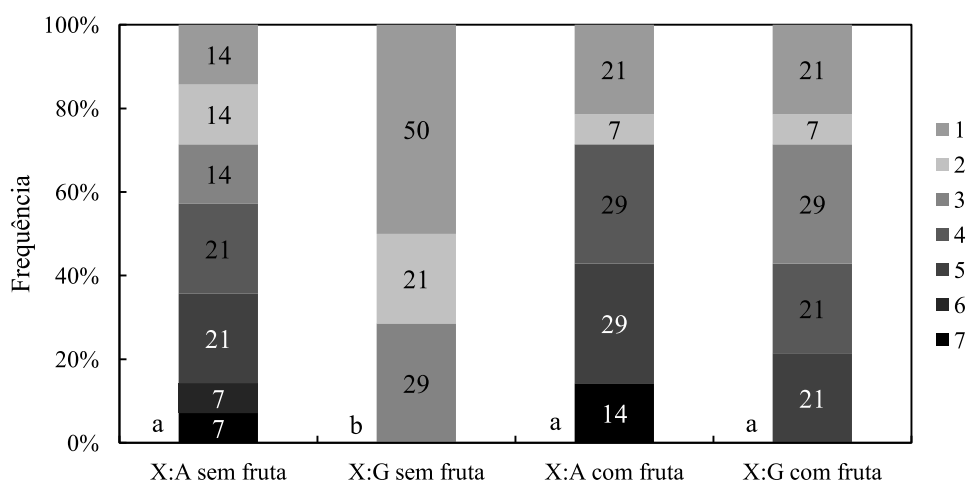


Figura 64. Aceitação comercial dos filmes analisados, dos provadores do género masculino. A separação de médias pelo teste de Friedman foi realizada para cada formulação separadamente.

Uma classificação menos positiva acerca dos produtos desenvolvidos, pode dever-se à grande novidade que lhes está inerente, por se tratar de texturas e conceitos totalmente diferentes dos que se encontram no mercado.

Com esta análise, também se verifica que o género influencia o resultado das classificações organoléticas do produto e a sua preferência. Importa referir que a amostra de provadores do género masculino é menor que a amostra de provadoras e, esta análise sugere o interesse em ser realizado um teste com maior painel de modo a averiguar as diferenças entre géneros, de forma a perceber o melhor posicionamento no mercado deste tipo de produtos.

Esta análise permite concluir que estes filmes terão espaço no mercado, pois foi observado um bom grau de aceitação do produto e de aceitação comercial do mesmo.

VI. Notas Conclusivas

VI.1. Conclusões

O objetivo central deste trabalho foi alcançado, uma vez que, foi criada uma nova forma de apresentação de texturas diferentes. Foram desenvolvidos filmes edíveis com inúmeras aplicações que irão sempre acrescentar valor a um produto ao qual se pretenda introduzir uma nova sensação sensorial, e que se distancia de qualquer outra no mercado.

Apenas uma de sete formulações não formou filme e dois dos seis filmes apresentaram coesão insuficiente para serem aplicados e estáveis ao longo do tempo enquanto revestimentos.

Na produção dos filmes, a espessura deve ser muito bem controlada aquando do espalhamento, pois irá determinar o tempo e grau de secagem que por sua vez, influencia características físico-químicas dos filmes, tais como o teor em sólidos solúveis totais, a_w e textura.

A textura dos filmes é significativamente influenciada pela adição de fruta e é determinante na aceitação comercial do produto. A cor demonstrou ser um fator menos importante na escolha do consumidor entre filmes sem e com fruta.

O armazenamento, independentemente da temperatura e do tempo, não provoca alterações no °Brix, a_w e textura, sendo a cor a única característica física que sofre alterações ao longo do armazenamento, principalmente nos filmes com fruta armazenados a 20°C. Os primeiros fatores referidos são fortemente influenciados pela espessura/grau de secagem e pela possível ocorrência de condensação de água na embalagem de armazenamento. Os filmes sem fruta terão uma estrutura mais “compacta” que permite maior proteção à reintrodução de água da condensação na embalagem, logo, sofrem menores alterações de °Brix, a_w e textura.

A estabilidade microbiológica dos filmes, na formulação apresentada, também é influenciada pela adição de fruta, devido ao efeito desta no pH final dos géis formadores de filme. Os filmes sem fruta necessitam de temperatura refrigerada para ser assegurada a sua segurança alimentar durante 40 dias, mas os filmes com fruta podem ser armazenados à temperatura ambiente (20°C).

Este estudo, em que se utilizou uma compota, a título de exemplo, para o recheio dos filmes, revelou que a aplicação dos filmes deve ser realizada utilizando-se recheios com baixa a_w , especialmente nos filmes com fruta, de modo a minimizar a migração de água para o filme e/ou o transporte de constituintes da fruta para o recheio.

VI.2. Perspetivas futuras / Propostas de melhoria

Apesar da criação de uma nova forma de revestimento de produtos, existem ainda alguns estudos interessantes a realizar, nomeadamente, o estudo do efeito da secagem nas propriedades nutricionais da fruta (no caso dos géis com fruta), intuindo a personalização deste processo de modo a aumentar o valor nutricional do filme.

É também de extrema importância o desenvolvimento de um método que permita o espalhamento homogéneo do gel, para que todo o filme apresente a mesma espessura, sendo para tal, importante também, um processo de secagem homogéneo.

A remoção, ou a diminuição da formação de bolhas de ar aquando da hidratação do hidrocoloide é um aspecto relevante que deve ser alcançado. Uma possível solução será a diminuição da quantidade de hidrocoloide e aumento do teor em água, no entanto, esta resolução exigirá um maior tempo de secagem. Outra sugestão é a realização do gel em vácuo, para que a quantidade de ar incorporado seja reduzida.

O filme de X:G 20:80 sem fruta, não foi aceite pelo consumidor devido à sua textura com elevada força e extensibilidade, para diminuir estas propriedades, pode ser experimentada a utilização de goma guar nativa e vez da despolimerizada.

É importante referir a possibilidade de utilizar qualquer outra fruta ou vegetal na elaboração deste filme, abrindo portas a infindas aplicações alimentares, sejam doces ou salgadas. É possível ainda adicionar sumos concentrados que permitirão a adição de um sabor e a diminuição do pH sem a utilização de aditivos.

VII. Literatura Citada

1. Lewis, D.; Fahey, G., Soluble Corn Fiber: What consumers want and why it's important. In *On-Demand Supplier Webinar*, Food navigator-usa.com: 2012.
2. Paliyath, G.; Murr, D. P., Biochemistry of Fruits. In *Food Biochemistry and Food Processing*, Blackwell Publishing: 2006; pp 487-514.
3. Oke, M.; Paliyath, G., Biochemistry of Fruit Processing. In *Food Biochemistry and Food Processing*, Blackwell Publishing: 2006; pp 515-535.
4. Villamiel, M.; del Castillo, M. D.; Corzo, N., Browning Reactions. In *Food Biochemistry and Food Processing*, Blackwell Publishing: 2006; pp 71-100.
5. Lersch, M., Hydrocolloid recipe collection. In *Kymos*, Lersch, M., Ed. Oslo, 2007.
6. Barrera, A. M.; Ramírez, J. A.; González-Cabriaes, J. J.; Vázquez, M., Effect of pectins on the gelling properties of surimi from silver carp. *Food Hydrocolloids* **2002**, *16*, 441-447.
7. Phillips, G. O.; Williams, P. A., *Handbook of hydrocolloids*. CRC Press: Cambridge, England, 2000.
8. Imeson, A., *Thickening and gelling agents for food*. Blackie Academic & Professional: 1997.
9. Belitz, H.-D.; Grosch, W.; Schieberle, P., *Food Chemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Germany, 2009.
10. Campos, C. A.; Gerschenson, L. N.; Flores, S. K., Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food and Bioprocess Technology* **2010**, *4* (6), 849-875.
11. Zobel, H. F.; Stephen, A. M., Starch: Structure, Analysis, and Application. In *Food Polysaccharides and Their Applications*, Taylor & Francis: 2006; pp 25-85.
12. Yamasaki, M.; Moriwaki, S.; Miyake, O.; Hashimoto, W.; Murata, K.; Mikami, B., Structure and Function of a Hypothetical Pseudomonas aeruginosa Protein PA1167 Classified into Family PL-7. *The Journal of Biological Chemistry* **2004**, *279*, 31863-31872.
13. Stanley, N. F., Agars. In *Food Polysaccharides and Their Applications*, Taylor & Francis: 2006; pp 217-237.
14. Sanderson, G. R., Gellan Gum. In *Food Gels*, Elsevier Applied Science: Califórnia, 1990; pp 201-232.
15. Piculell, L., Gelling Carrageenans. In *Food Polysaccharides and Their Applications*, Taylor & Francis: 2006; pp 239-288.
16. Blake, D. E.; Hamblett, C. J.; Frost, P. G.; Judd, P. A.; Ellis, P. R., Wheat bread supplemented with depolymerized guar gum reduces the plasma cholesterol concentration in hypercholesterolemic human subjects. *American Society for Clinical Nutrition* **1997**, *65*, 107-113.
17. Kumar, S.; Hissaria, M., Guar Gum - An abundant source for thickening requirements. *Science Tech Entrepreneur* **2009**.
18. Toneli, J. T. C. L.; Murr, F. E. X.; Park, K. J., Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial* **2005**, *7* (2), 181-204.

19. (a) Ellis, P. R.; Dawoud, F. M.; Morris, E. R., Blood glucose, plasma insulin and sensory responses to guar-containing wheat breads: effects of molecular weight and particle size of guar gum. *Br J Nutr* **1991**, *66*, 363-379; (b) Gatenby, S. J.; Ellis, P. R.; Morgan, L. M.; Dawoud, F. M.; Judd, P. A., Effect of partially depolymerised guar gum on acute metabolic variables in patients with non-insulin-dependent diabetes. *Diabet Med* **1996**, *13*, 358-364.
20. Barroso, J. M., Regulamento (UE) N.º 432/2012 da Comissão de 16 de maio de 2012 que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças. In *L 136/1*, Europeia, C., Ed. Jornal Oficial da União Europeia: 2012.
21. Vargas, M.; Pastor, C.; Chiralt, A.; McClements, D. J.; Gonzalez-Martinez, C., Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition* **2008**, *48* (6), 496-511.
22. Falguera, V.; Quintero, J. P.; Jiménez, A.; Muñoz, J. A.; Ibarz, A., Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* **2011**, *22* (6), 292-303.
23. Wang, Y. Molecular film fruit and vegetable preservative useful for preserving fruits e.g. orange, apple or pear, obtained by heating edible materials e.g. beeswax, adding food additives, compressing and stirring materials to obtain film. CN101305749-A, CN101305749-A 19 Nov 2008 A23B-007/00 200907 Pages: 9, 2008.
24. Fajardo, P.; Martins, J. T.; Fuciños, C.; Pastrana, L.; Teixeira, J. A.; Vicente, A. A., Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering* **2010**, *101* (4), 349-356.
25. Macquarrie, R.; Schupp, K.; Taylor, P. Carrageenan-containing composition for casting edible films for e.g. ham- or sausage-casings contains a water-insoluble carbohydrate to give improved film properties. DE10164075-A1; US2002155200-A1; US2005181020-A1, DE10164075-A1 05 Sep 2002 C08L-005/00 200312, 2005.
26. Tharanathan, R. N., Biodegradable films and composite coating: Past, present and future. *Trends in Food Science & Technology* **2003**, *54*, 343-351.
27. Saramnezhad, S.; Azizi, M. H.; MBarzegar, M.; Abbasi, S.; Ahmadi, E., Properties of a New Edible Film Made of Faba Bean Protein Isolate. *J. Agr. Sci. Tech.* **2011**, *13* (181-192).
28. Yang, L.; Paulson, A. T., Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. *Food Research International* **2000**, *33* (7), 571-578.
29. Martins, J. T.; Cerqueira, M. A.; Bourbon, A. I.; Pinheiro, A. C.; Souza, B. W. S.; Vicente, A. A., Synergistic effects between κ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. *Food Hydrocolloids* **2012**, *29* (2), 280-289.
30. Hambleton, A.; Voilley, A.; Debeaufort, F., Transport parameters for aroma compounds through ι -carrageenan and sodium alginate-based edible films. *Food Hydrocolloids* **2011**, *25* (5), 1128-1133.

31. Al-Hassan, A. A.; Norziah, M. H., Starch–gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids* **2012**, 26 (1), 108-117.
32. Bozdemir, Ö. A.; Tutas, M., Plasticiser effect on water vapour permeability properties of locust bean gum-based edible films. *Turk J Chem* **2003**, 27, 773-782.
33. Aydinli, M.; Tutas, M., Water Sorption and Water Vapour Permeability Properties of Polysaccharide (Locust Bean Gum) Based Edible Films. *LWT - Food Science and Technology* **2000**, 33 (1), 63-67.
34. Guo, X.; Lu, Y.; Cui, H.; Jia, X.; Bai, H.; Ma, Y., Factors affecting the physical properties of edible composite film prepared from zein and wheat gluten. *Molecules* **2012**, 17 (4), 3794-804.
35. Hong, S.-I.; Krochta, J. M., Oxygen barrier performance of whey-protein-coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. *Journal of Food Engineering* **2006**, 77 (3), 739-745.
36. (a) Oussalah, M.; Caillet, S.; Salmiéri, S.; Saucier, L.; Lacroix, M., Antimicrobial and Antioxidant Effects of Milk Protein-Based Film Containing Essential Oils for the Preservation of Whole Beef Muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2004**, 52 (18), 5598-5605; (b) Tapia, M. S.; Rojas-Graü, M. A.; Carmona, A.; Rodríguez, F. J.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O., Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* **2008**, 22 (8), 1493-1503; (c) Lee, S. Y.; Krochta, J. M., Accelerated Shelf Life Testing of Whey-Protein-Coated Peanuts Analyzed by Static Headspace Gas Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2002**, 50 (7), 2022-2028; (d) Ponce, A. G.; Roura, S. I.; del Valle, C. E.; Moreira, M. R., Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: In vitro and in vivo studies. *Postharvest Biology and Technology* **2008**, 49 (2), 294-300; (e) Ayrançi, E.; Tunc, S., A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry* **2003**, 80 (3), 423-431.
37. Guilbert, S.; Gontard, N.; Gorris, L. G. M., Prolongation of the Shelf-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. *LWT - Food Science and Technology* **1996**, 29 (1–2), 10-17.
38. Olivas, G. I.; Barbosa-Cánovas, G. V., Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Critical reviews in food science and nutrition* **2005**, 45 (7-8), 657-670.
39. McHugh, T. H.; Krochta, J. M., Sorbitol vs glycerol-plasticized whey protein edible films: Integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **1994**, 42 (4), 841-845.
40. Ramos, O. L.; Fernandes, J. C.; Silva, S. I.; Pintado, M. E.; Malcata, F. X., Edible films and coatings from whey proteins: a review on formulation, and on mechanical and bioactive properties. *Critical reviews in food science and nutrition* **2012**, 52 (6), 533-52.

41. Lin, S.-Y. D.; Krochta, J. M., Whey Protein Coating Efficiency on Surfactant-Modified Hydrophobic Surfaces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2005**, 53 (12), 5018-5023.
42. Kunte, L. F.; Gennadios, A.; Cuppett, S. L.; Hanna, M. A.; Weller, C. L., Cast Films from Soy Protein Isolates and Fractions. *Cereal Chem* **1997**, 74 (2), 115-118.
43. Abbott, J. A., Quality measurements of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* **1999**, 15, 207-225.
44. Sakai, D., Color control, from perception to instrumentation. Sensing, K. M., Ed. Daisennishimachi, S., Ed., Osaka, Japan, 1998; pp 3-91.
45. Ghasemlou, M.; Khodaiyan, F.; Oromiehie, A., Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefiran. *Carbohydrate Polymers* **2011**, 84 (1), 477-483.
46. (a) Aydinli, M.; Tutas, M.; Bozdemir, Ö. A., Mechanical and light transmittance properties of locust bean gum based edible films. *Turk J Chem* **2004**, 28, 163-171; (b) Ghasemlou, M.; Khodaiyan, F.; Oromiehie, A., Rheological and structural characterisation of film-forming solutions and biodegradable edible film made from kefiran as affected by various plasticizer types. *International journal of biological macromolecules* **2011**, 49 (4), 814-21; (c) Cervera, M. F.; Karjalainen, M.; Airaksinen, S.; Rantanen, J.; Krogars, K.; Heinämäki, J.; Colarte, A. I.; Yliruusi, J., Physical stability and moisture sorption of aqueous chitosan–amylose starch films plasticized with polyols. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* **2004**, 58 (1), 69-76.
47. Ahmadi, R.; Kalbasi-Ashtari, A.; Oromiehie, A.; Yarmand, M.; Jahandideh, F., Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). *Journal of Food Engineering* **2012**, 109, 745-751.
48. Jia, D.; Fang, Y.; Yao, K., Water vapor barrier and mechanical properties of konjac glucomannan–chitosan–soy protein isolate edible films. *Food and Bioproducts Processing* **2009**, 87 (1), 7-10.
49. (a) Karbowiak, T.; Debeaufort, F.; Voilley, A., Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films. *Food Hydrocolloids* **2007**, 21 (5-6), 897-888; (b) Maftoonazad, N.; Ramaswamy, H. S.; Marcotte, M., Moisture sorption Behavior, and effect of moisture content and sorbitol on thermo-mechanical and barrier properties of pectin based edible films. *International Journal of Food Engineering* **2007**, 3 (4 Article 10); (c) Fabra, M. J.; Talens, P.; Chiralt, A., Effect of alginate and λ -carrageenan on tensile properties and water vapour permeability of sodium caseinate–lipid based films. *Carbohydrate Polymers* **2008**, 74 (3), 419-426.
50. Yoo, S.; Krochta, J. M., Whey protein-polysaccharide blended edible film formation and barrier, tensile, thermal and transparency properties. *Journal of the science of food and agriculture* **2011**, 91 (14), 2628-36.
51. (a) Karbowiak, T.; Debeaufort, F.; Champion, D.; Voilley, A., Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. *Journal of colloid and interface science* **2006**, 294 (2), 400-10; (b) Karbowiak, T.; Hervet, H.; Léger, L.; Champion, D.; Debeaufort, F.; Voilley, A., Effect of plasticizers (water and glycerol) on the diffusion of a

small molecule in iota-carrageenan biopolymer films for edible coating application. *Biomacromolecules* **2006**, 7, 2011-2019.

52. Kaya, S.; Kaya, A., Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. *Journal of Food Engineering* **2000**, 43, 91-96.

53. Flores, S. K.; Costa, D.; Yamashita, F.; Gerschenson, L. N.; Grossmann, M. V., Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion. *Materials Science and Engineering: C* **2010**, 30 (1), 196-202.

54. Li, M.; Liu, P.; Zou, W.; Yu, L.; Xie, F.; Pu, H.; Liu, H.; Chen, L., Extrusion processing and characterization of edible starch films with different amylose contents. *Journal of Food Engineering* **2011**, 106 (1), 95-101.

55. Bourtoom, T., Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* **2008**, 15 (3), 237-248.

56. (a) Nelson, K. L.; Fennema, O. R., Methylcellulose Films to Prevent Lipid Migration in Confectionery Products. *Journal of Food Science* **1991**, 56 (2), 504-509; (b) Gennadios, A.; Hanna, M. A.; Kurth, L. B., Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *LWT - Food Science and Technology* **1997**, 30 (4), 337-350; (c) Krochta, J. M.; Mulder-Johnston, C. D., Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology* **1997**, 51 (2), 61-74.

57. George, J.; Siddaramaiah, High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers* **2012**, 87 (3), 2031-2037.

58. Azeredo, H. M.; Mattoso, L. H.; Wood, D.; Williams, T. G.; Avena-Bustillos, R. J.; McHugh, T. H., Nanocomposite edible films from mango puree reinforced with cellulose nanofibers. *J Food Sci* **2009**, 74 (5), N31-5.

59. Mark, A. M.; Roth, W. B.; Mehlretter, C. L.; Rist, C. E., Oxygen permeability of amylomaize starch films. *Food Technology* **1996**, 20, 75-80.

60. Famá, L.; Goyanes, S.; Gerschenson, L., Influence of storage time at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films. *Carbohydrate Polymers* **2007**, 70, 265-273.

61. Flores, S.; Famá, L.; Rojas, A. M.; Goyanes, S.; Gerschenson, L., Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. *Food Research International* **2007**, 40 (2), 257-265.

62. Zhang, P.; Zhou, J. Edible paper used for preserving food and as good carrier for various functional substances, comprises raw materials including starch, konjak glue, gellan gum, xanthan gum and film-forming auxiliary agnt. CN101718059-A; CN101718059-B, CN101718059-A 02 Jun 2010 D21H-027/00 201044, 2009.

63. Olivas, G. I.; Barbosa-Cánovas, G. V., Alginate-calcium films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT - Food Science and Technology* **2008**, 41 (2), 359-366.

64. (a) Rhim, J.-W., Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT - Food Science and Technology* **2004**, 37 (3), 323-330; (b) Roger, S.;

Talbot, D.; Bee, A., Preparation and effect of Ca²⁺ on water solubility, particle release and swelling properties of magnetic alginate films. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **2006**, 305 (1), 221-227.

65. Torres, J. A.; Karel, M., Microbial Stabilization of Intermediate Moisture Food Surfaces III. Effects of Surface Preservative Concentration and Surface pH Control on Microbial Stability of an Intermediate Moisture Cheese Analog. *Journal of Food Processing and Preservation* **1985**, 9 (2), 107-119.

66. (a) Hyeong Ryu, G.; Hwan Kim, M.; Gi, H. R.; Kim, M. H. Edible alginate film useful in preventing or treating infections caused by bacteria, preferably food poisoning bacteria, comprises ginseng extract. KR2010131733-A; KR1046957-B1, KR2010131733-A 16 Dec 2010 A23L-001/09 201112, 2009; (b) Zhao, S.; Hu, P.; Zheng, H. Fruit imitations covered with non-soluble film of calcium alginate - contains fruit juice in form of gel contg. edible calcium salt, organic acid and sodium alginate. CN1052998-A, CN1052998-A 17 Jul 1991 199217, 1990.

67. Ghosh, P. K.; Siddhanta, A. K.; Prasad, K.; Meena, R.; Bhattacharya, A. Preparation semi-refined kappa carrageenan based biodegradable thin films used for pouches for storage of solids or for packaging of non-aqueous edible fluids, e.g. vegetable oils, involves adding plasticizer. WO2006059180-A2, WO2006059180-A2 08 Jun 2006 C08B-037/00 200642, 2006.

68. (a) Cao, L.; Bian, X. Edible packaging film comprises sodium carboxymethylcellulose prepared from potato residue, deionized water, carrageenan, sodium alginate, glycerol, sorbitol, stearic acid, and palmitic acid. CN102153783-A, CN102153783-A 17 Aug 2011 C08L-001/26 201172, 2011; (b) Ooraikul, B.; Aboagye, N. Y. Prodn. of edible films, esp. artificial potato skin - from mixt. of alginate, caseinate and carrageenan. US4582710-A, US4582710-A 15 Apr 1986 198618 Pages: 5, 1985.

69. Mikkonen, K. S.; Rita, H.; Helén, H.; Talja, R. A.; Hyvönen, L.; Tenjanen, M., Effect of Polysaccharide Structure on Mechanical and Thermal Properties of Galactomannan-Based Films. *Biomacromolecules* **2007**, 8, 3198-3205.

70. Giancone, T.; Torrieri, E.; Di Pierro, P.; Cavella, S.; Giosafatto, C. V. L.; Masi, P., Effect of Surface Density on the Engineering Properties of High Methoxyl Pectin-Based Edible Films. *Food and Bioprocess Technology* **2009**, 4 (7), 1228-1236.

71. Baeva, M.; Panchev, I., Investigation of the retaining effect of a pectin-containing edible film upon the crumb ageing of dietetic sucrose-free sponge cake. *Food Chemistry* **2005**, 92 (2), 343-348.

72. Perez, C. D.; Flores, S. K.; Marangoni, A. G.; Gerschenson, L. N.; Rojas, A. M., Development of a high methoxyl pectin edible film for retention of l-(+)-ascorbic acid. *J Agric Food Chem* **2009**, 57 (15), 6844-55.

73. Giancone, T., Hydrocolloids based edible films: Composition–structure–properties relationships. *Doctoral Thesis, Univeristá Degli study Di Napoli* **2006**.

74. (a) Yuan H, C. N.; Li X, C. N. Edible film used for food package, is prepared by stirring isinglass and other raw materials including pectin and chitosan, additive, and water, standing or vacuumizing solution, casting solution to obtain film, and cooling

- shaped film. CN101899165-A, CN101899165-A 01 Dec 2010 C08J-005/18 201121, 2009;
- (b) Huang, G.; Qiu, L.; Tan, W.; Wen, Q. Edible food pectin preservative film for use in fruit or vegetable preservation comprises pectin, deionized water and glycerin. CN101491275-A, CN101491275-A 29 Jul 2009 A23B-007/16 200954, 2009; (c) Chang, N.; Zhang, C. Preparing edible composite protein film, comprises mixing zein and wheat gluten, dissolving, agitating, adding glycerine and pectin to obtain film liquor, adding edible foaming agent, insulating, and casting on stainless steel plate. CN101580595-A, CN101580595-A 18 Nov 2009 C08J-005/18 201001, 2009.
75. Sothornvit, R.; Pitak, N., Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Research International* **2007**, *40* (3), 365-370.
76. Rojas-Grau, M. A.; Avena-Bustillos, R. J.; Friedman, M.; Henika, P. R.; Martín-Belloso, O.; McHugh, T. H., Mechanical, Barrier, and Antimicrobial Properties of Apple Puree Edible Films Containing Plant Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2006**, *54*, 9262-9267.
77. (a) Sothornvit, R.; Rodsamran, P., Mango film coated for fresh-cut mango in modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Science & Technology* **2010**, *45* (8), 1689-1695; (b) McHugh, T. H.; Huxsoll, C. C.; Krochta, J. M., Permeability Properties of Fruit Puree Edible Films. *Journal of Food Science* **1996**, *61* (1), 88-91.
78. Sothornvit, R.; Rodsamran, P., Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology* **2008**, *47* (3), 407-415.
79. Azeredo, H. M. C.; Miranda, K. W. E.; Rosa, M. F.; Nascimento, D. M.; de Moura, M. R., Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. *LWT - Food Science and Technology* **2012**, *46* (1), 294-297.
80. Wang, X.; Sun, X.; Liu, H.; Li, M.; Ma, Z., Barrier and mechanical properties of carrot puree films. *Food and Bioprocess Technology* **2011**, *89* (2), 149-156.
81. Vassiliou, A., Regulamento (CE) N° 450/2009 da Comissão de 29 de Maio de 2009 relativo aos materiais e objectos activos e inteligentes destinados a entrar em contacto com os alimentos In *L 135/3, EUROPEIAS*, A. C. D. C., Ed. Jornal Oficial da União Europeia: 2009.
82. Fabec, B.; Hellstrom, T.; Henrysdotter, G.; Hjulmand-Lassen, M.; Nilsson, J.; Rüdinger, L.; Sipiläinen-Malm, T.; Solli, E.; Svensson, K.; Thorkelsson, A.; Tuomala, V., Active and intelligent food Packaging. A Nordic report on the legislative aspects. www.norden.org/pub/ebook/2000-584.pdf, Ed. Nordic co-operation: 2000; pp 21-22.
83. Rojas-Graü, M. A.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O., Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology* **2009**, *20* (10), 438-447.
84. Tutor2u Marketing - Case Study: Growth Opportunities in the Snack Food Market. http://tutor2u.net/business/marketing/casestudy_snackfoods.asp.
85. Research, M. Snack Foods Market Research Reports: Snack Food Industry Analysis. <http://www.marketresearch.com/Food-Beverage-c84/Food-c167/Snack-Foods-c513/> (accessed 20-Maio).

86. Thomas, C. L., Is sucralose too good to be true? *Biochemistry and Molecular Biology Education* **2012**, 40 (1), 14-18.
87. (a) Baixauli, R.; Salvador, A.; Fiszman, S. M., Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *European Food Research and Technology* **2007**, 226 (3), 523-530; (b) Torrezan, R.; Ferreira, V. L. P.; Yotsuyanagi, K.; Jardine, J. G.; Vitali, A. A., Efeito da adição de ingredientes na cor de polpa de goiaba. *B.CEPPA, Curitiba* **2000**, 18 (2), 209-220.
88. ISO, Sensory analysis - Methodology - Ranking. In 8.2.3. *Comparison of products where there is no assumed order*, ISO: Switzerland, 2006; Vol. 8587.
89. (a) Rockland, L.; Nishi, S., Fundamentals of Water Activity. *Food Technology* **1980**, 34, 42-59; (b) Fellows, P. J., *Food Processing Technology - Principles and Practice*. 2 ed.; Woodhead Publishing: 2000.
90. Le Loir, Y.; Baron, F.; Goutier, M., Staphylococcus aureus and food poisoning. *Genetic and Molecular Research* **2003**, 2 (1), 63-76.
91. Agency, H. P., Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-eat Foods. Health Protection Agency: London, November 2009.

ANEXOS |

Anexo 1. Fichas de provas da análise sensorial

Teste afetivo de aceitação

Nome: _____ Idade: _____

Género: _____ Localidade: _____ Data: ____ / ____ / ____

Está a receber um *snack* de fruta. Por favor, prove e avalie utilizando a escala abaixo para indicar o quanto gostou ou desgostou.

	Sabor	Textura	Cor	Impressão global
9 - Gostei extremamente				
8				
7 - Gostei moderadamente				
6				
5 - Não gostei/nem desgostei				
4				
3 - Desgostei moderadamente				
2				
1 - Desgostei extremamente				

Observações: _____

Obrigado pela sua participação

Teste afetivo de preferência

Nome: _____ **Idade:** _____

Género: _____ **Localidade:** _____ **Data:** ____/____/____

Está a receber *snacks* de fruta. Por favor, prove e sequencie desde o que mais gostou ao que menos gostou, quanto à camada externa.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Observações: _____

Obrigado pela sua participação

Teste de aceitação comercial

Nome: _____ Idade: _____

Género: _____ Localidade: _____ Data: ____/____/____

Está a receber um *snack* de fruta. Por favor, prove e avalie segundo a grau de aceitação do produto, utilizando a escala abaixo.

7 - Comería sempre	
6 - Comería muito frequentemente	
5 - Comería frequentemente	
4 - Comería ocasionalmente	
3 - Comería raramente	
2 - Comería muito raramente	
1 - Nunca comería	

Observações: _____

Obrigado pela sua participação

Anexo 2. Caracterização do painel de consumidores da análise sensorial

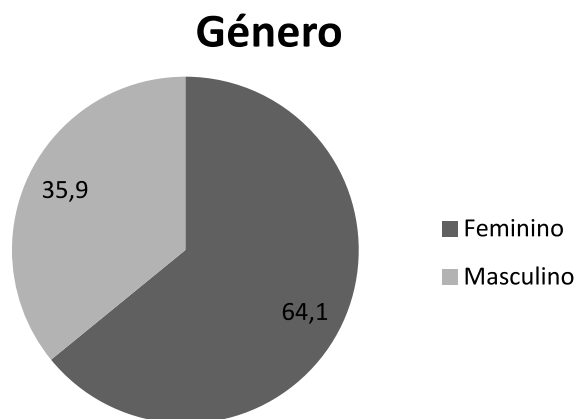


Figura A 1. Género dos consumidores em percentagem.

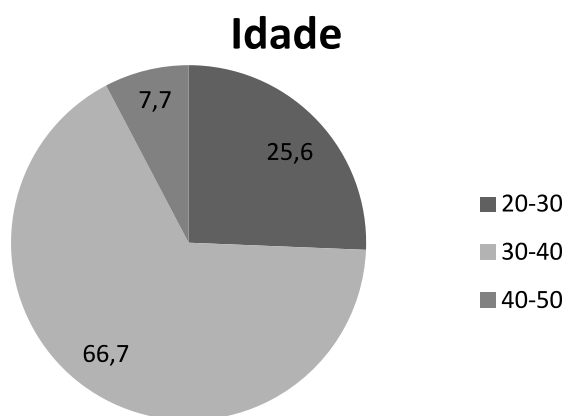


Figura A 2. Idade dos consumidores em percentagem.

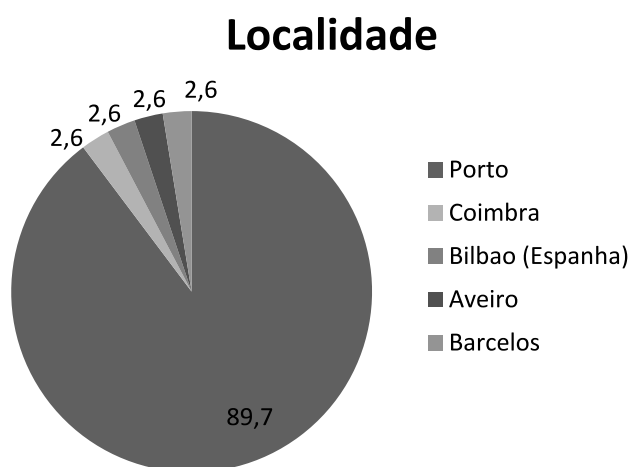
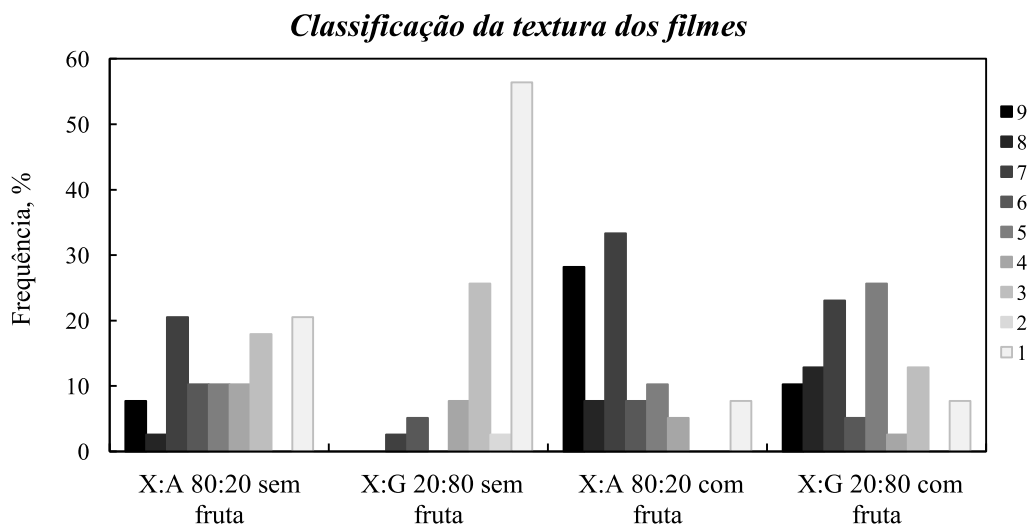
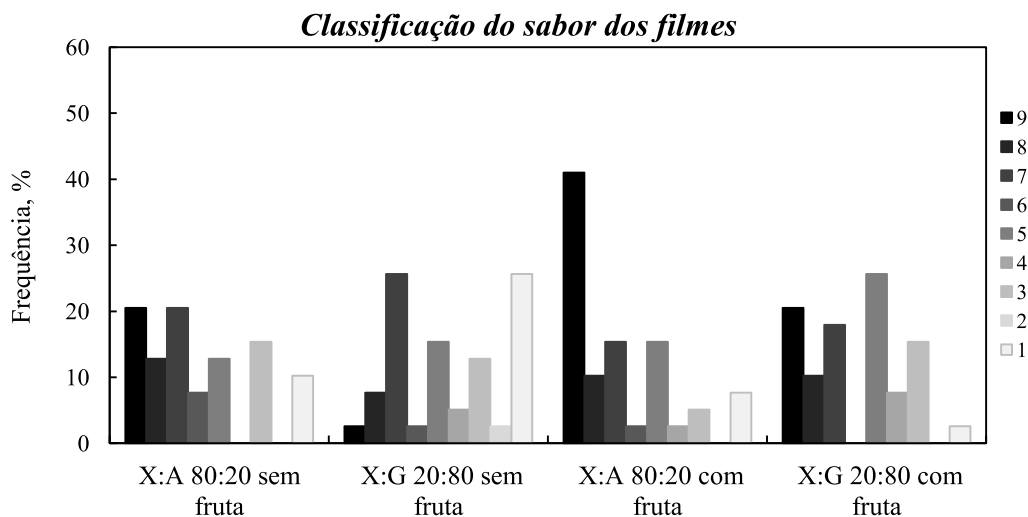


Figura A 3. Localidade dos consumidores em percentagem (90 % do Porto).

Anexo 3. Resultados alargados do teste afetivo de aceitação



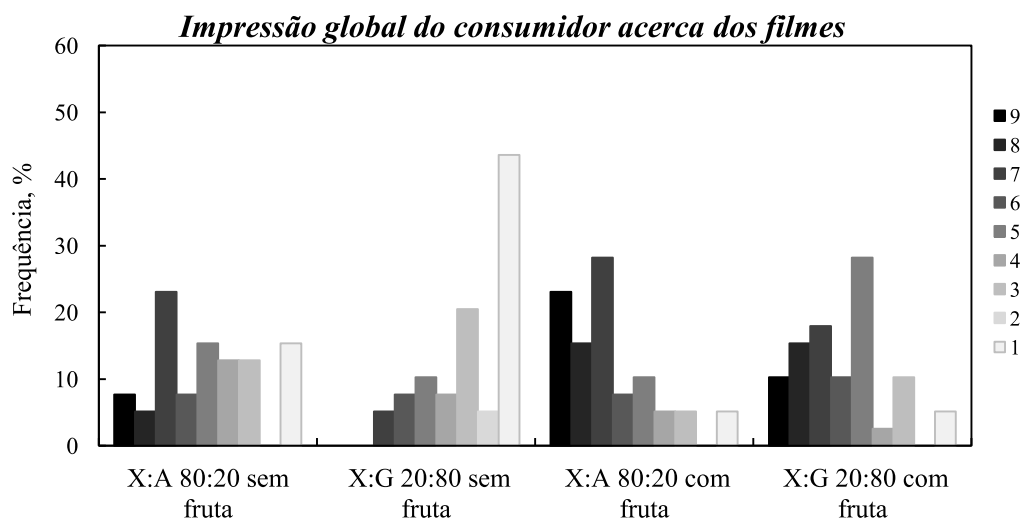
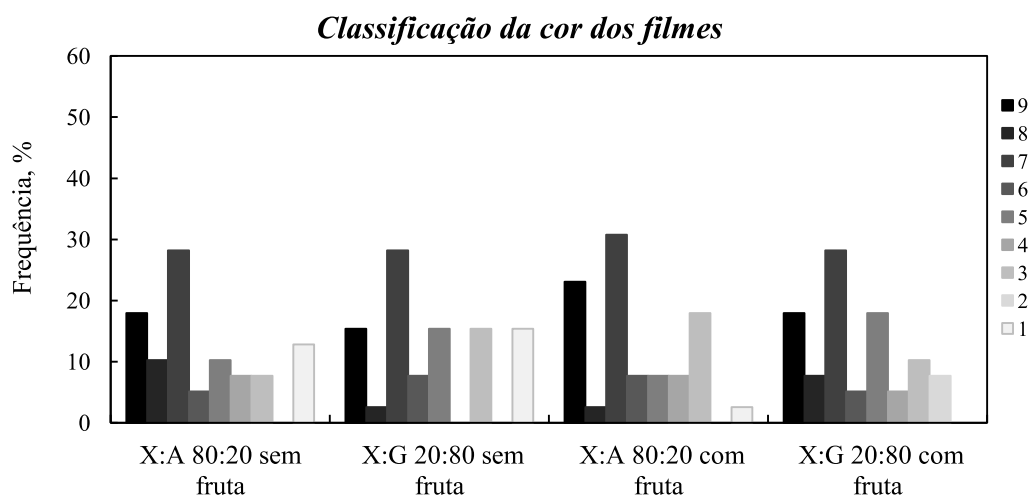
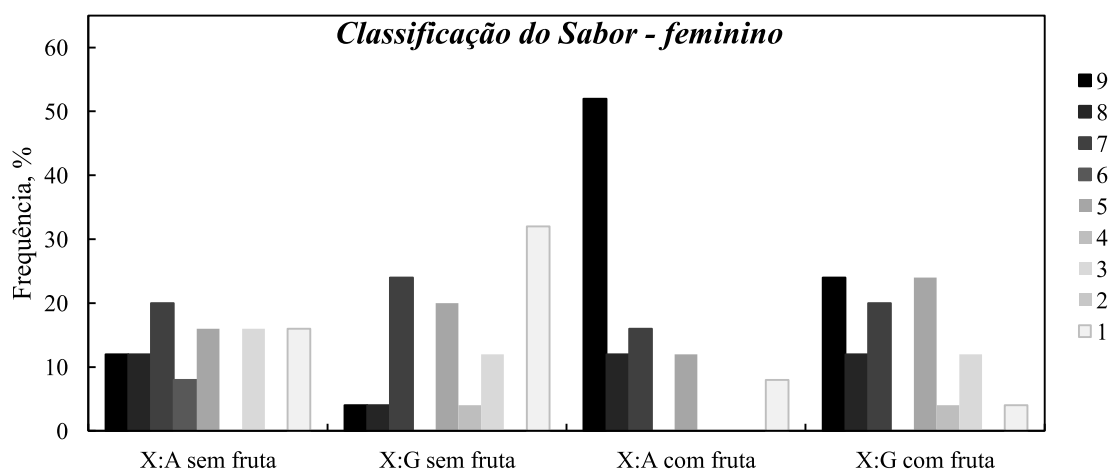


Figura A 4. Classificação individual a cada amostra fornecida aos provadores no teste afetivo de aceitação.



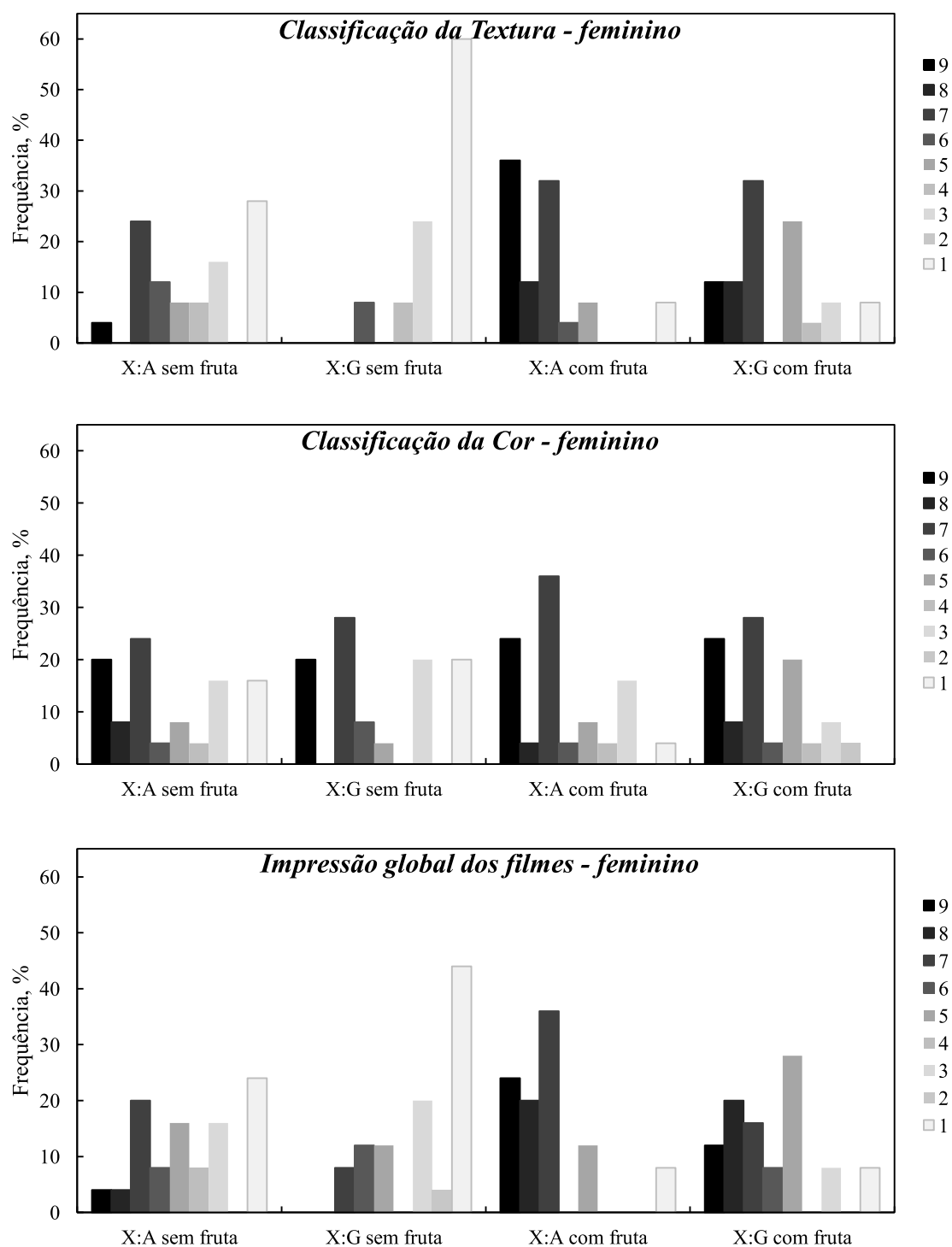
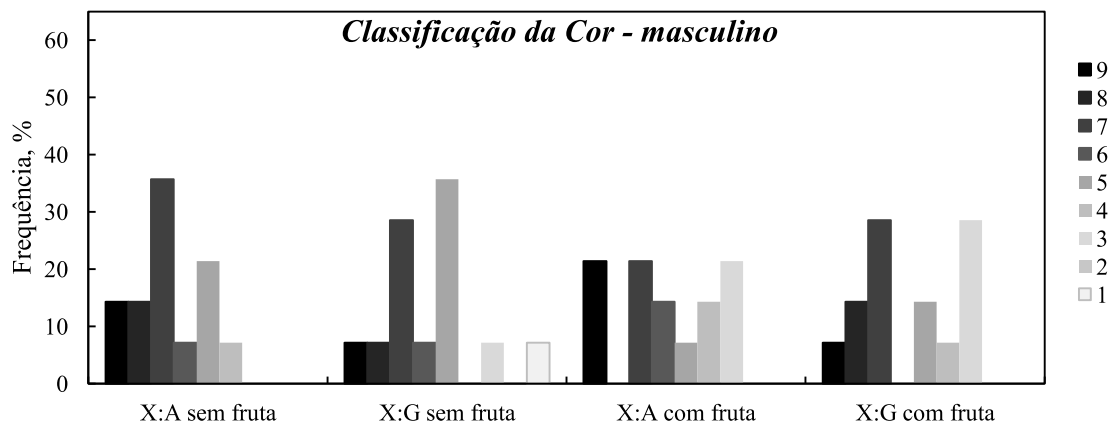
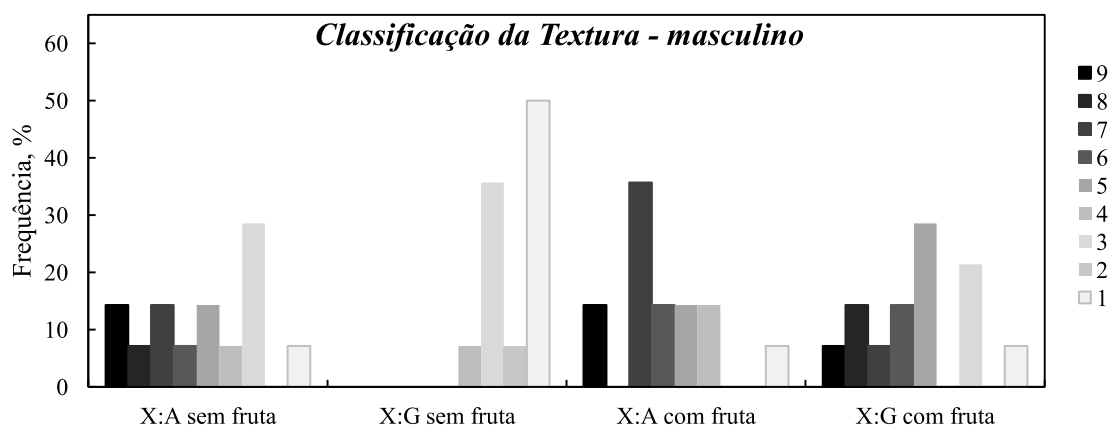
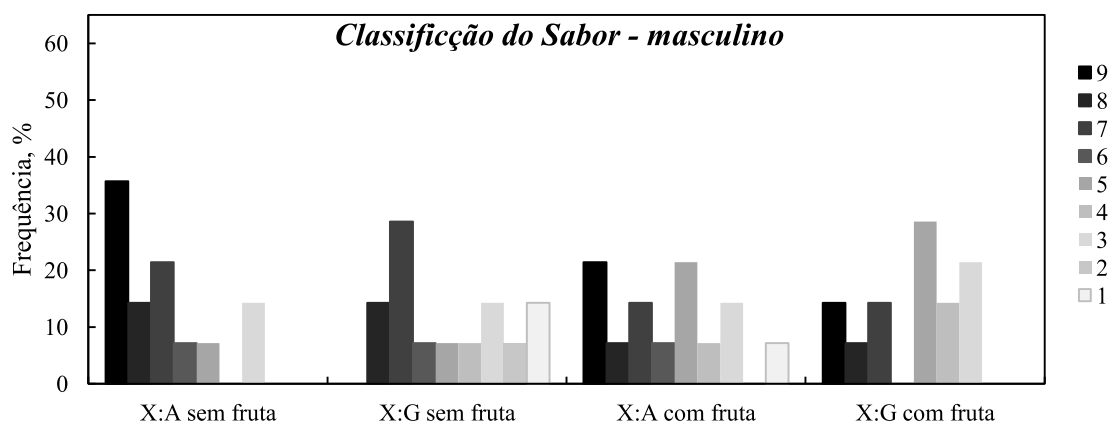


Figura A 5. Classificação individual a cada amostra fornecida aos provadores do gênero feminino no teste afetivo de aceitação.



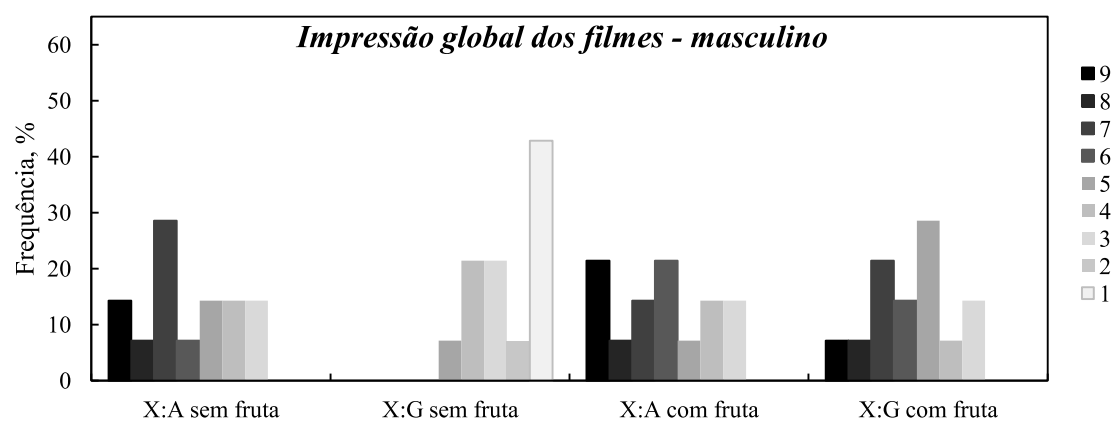


Figura A 6. Classificação individual a cada amostra fornecida aos provadores do género masculino no teste afetivo de aceitação.

Anexo 4. Evolução dos parâmetros de cor ao longo do tempo de armazenamento

Filmes sem fruta isolados

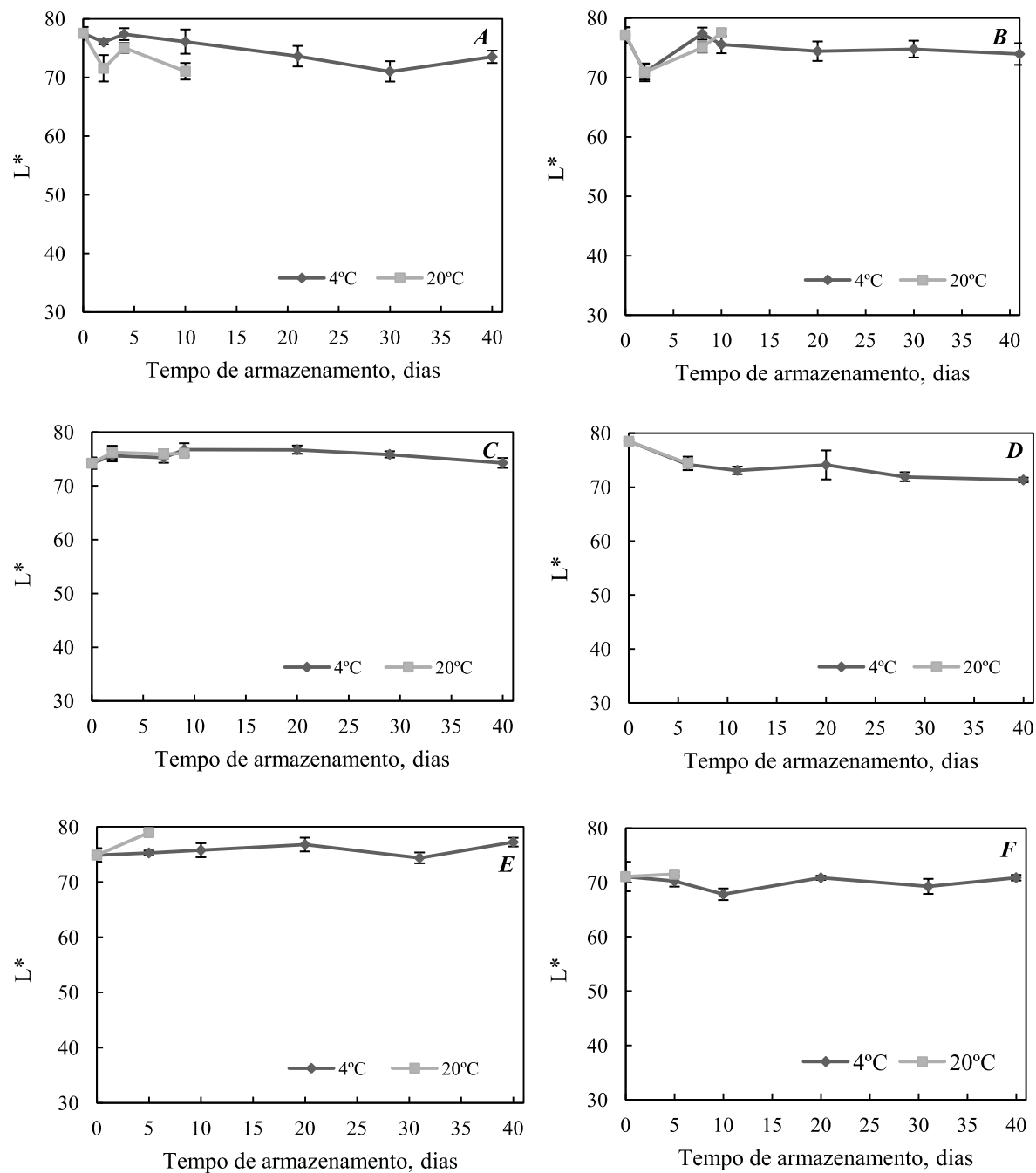


Figura A 7. Evolução da luminosidade dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

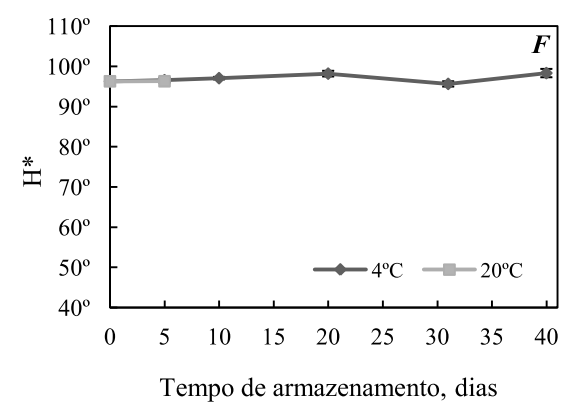
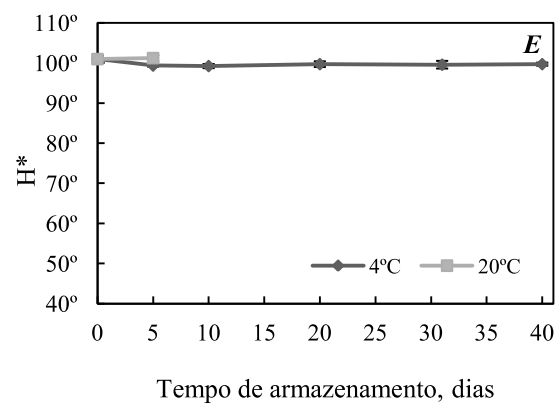
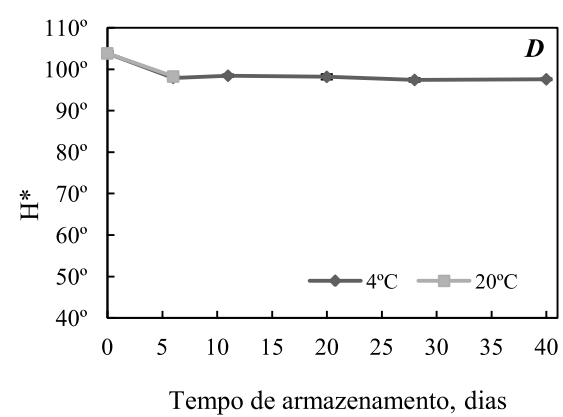
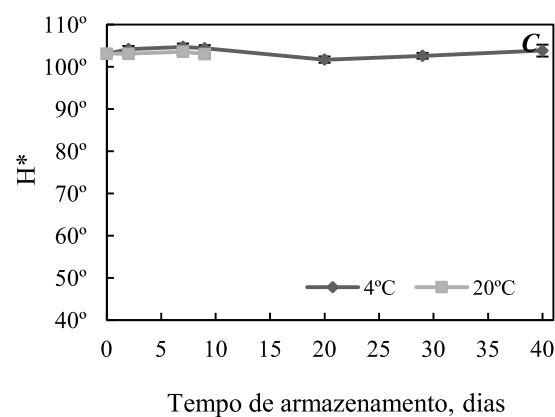
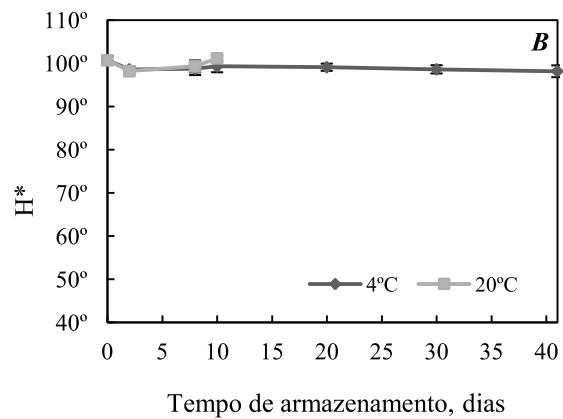
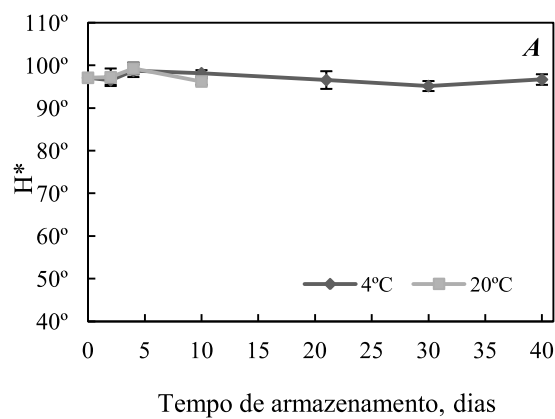


Figura A 8. Evolução da tonalidade dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

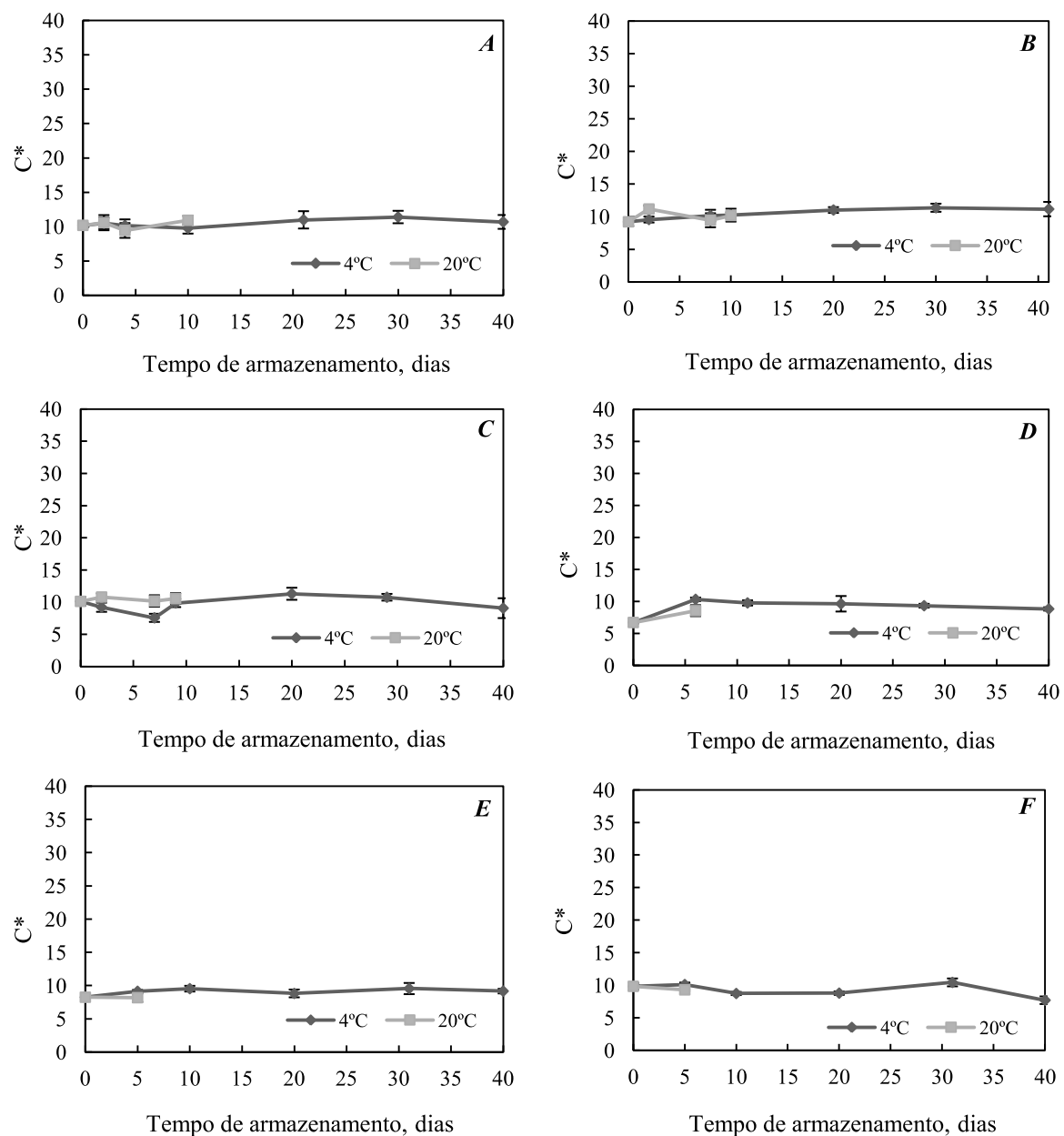


Figura A 9. Evolução da cromacidade dos filmes sem fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

Filmes com fruta isolados

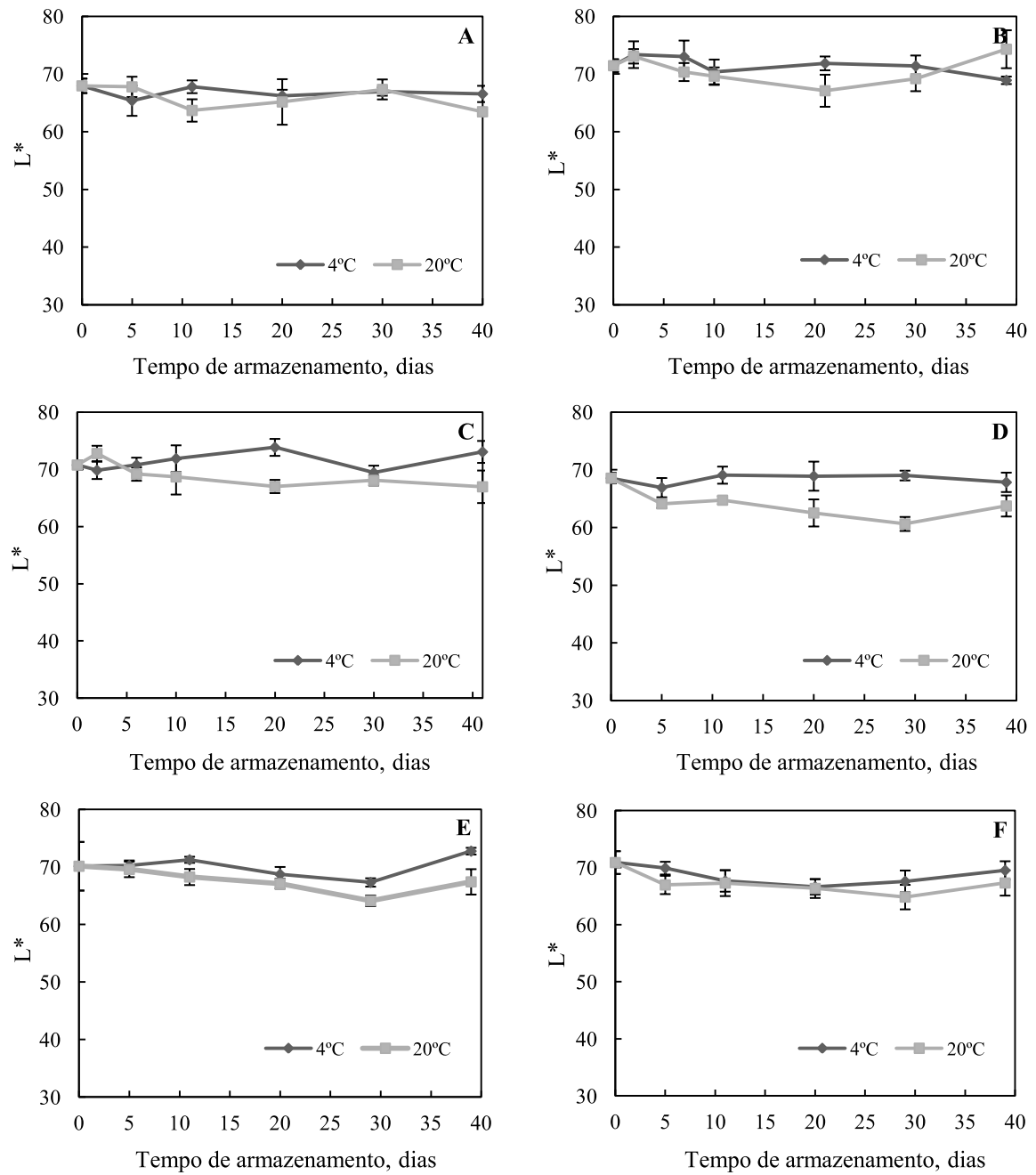


Figura A 10. Evolução da luminosidade dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

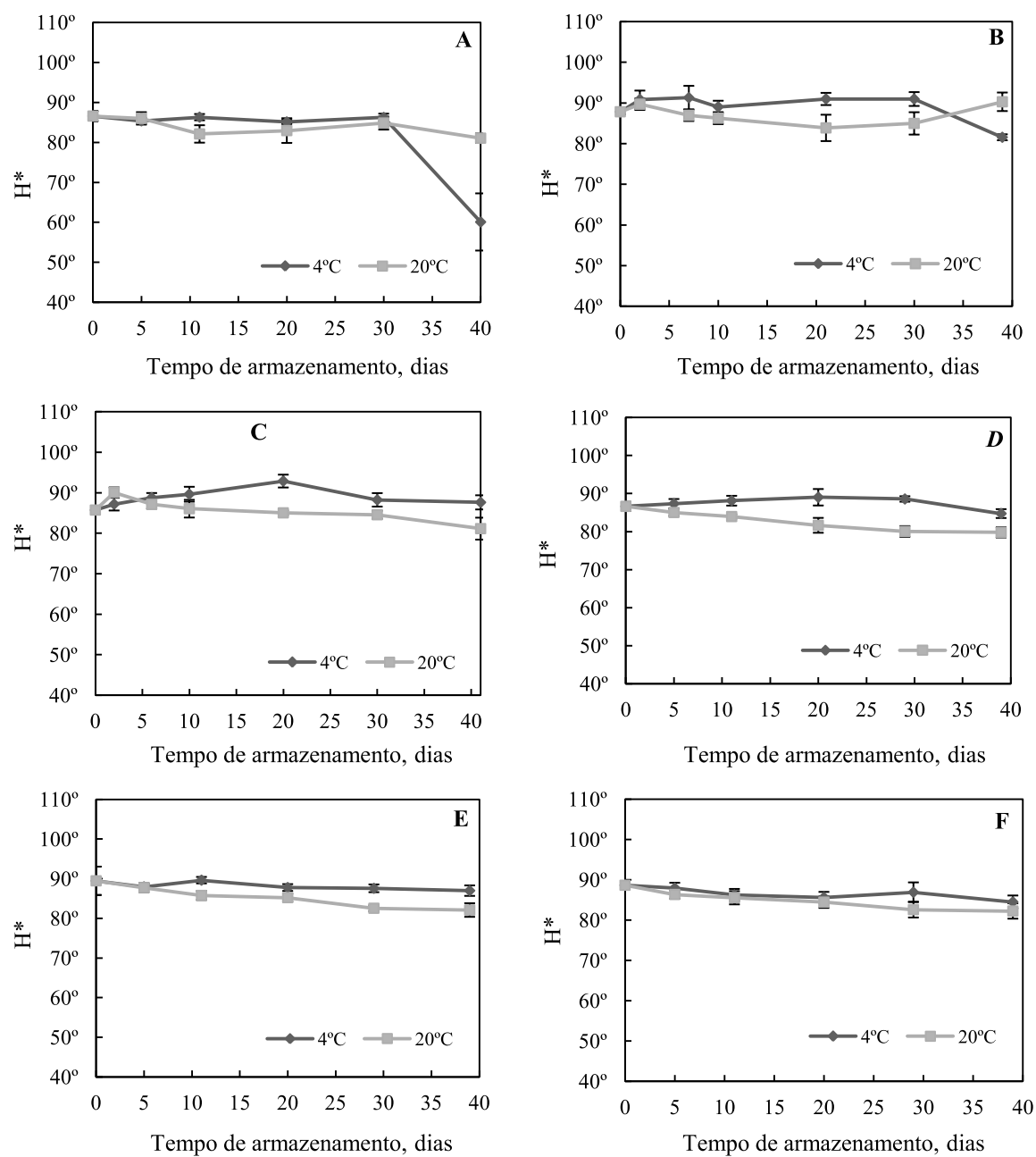


Figura A 11. Evolução da tonalidade dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

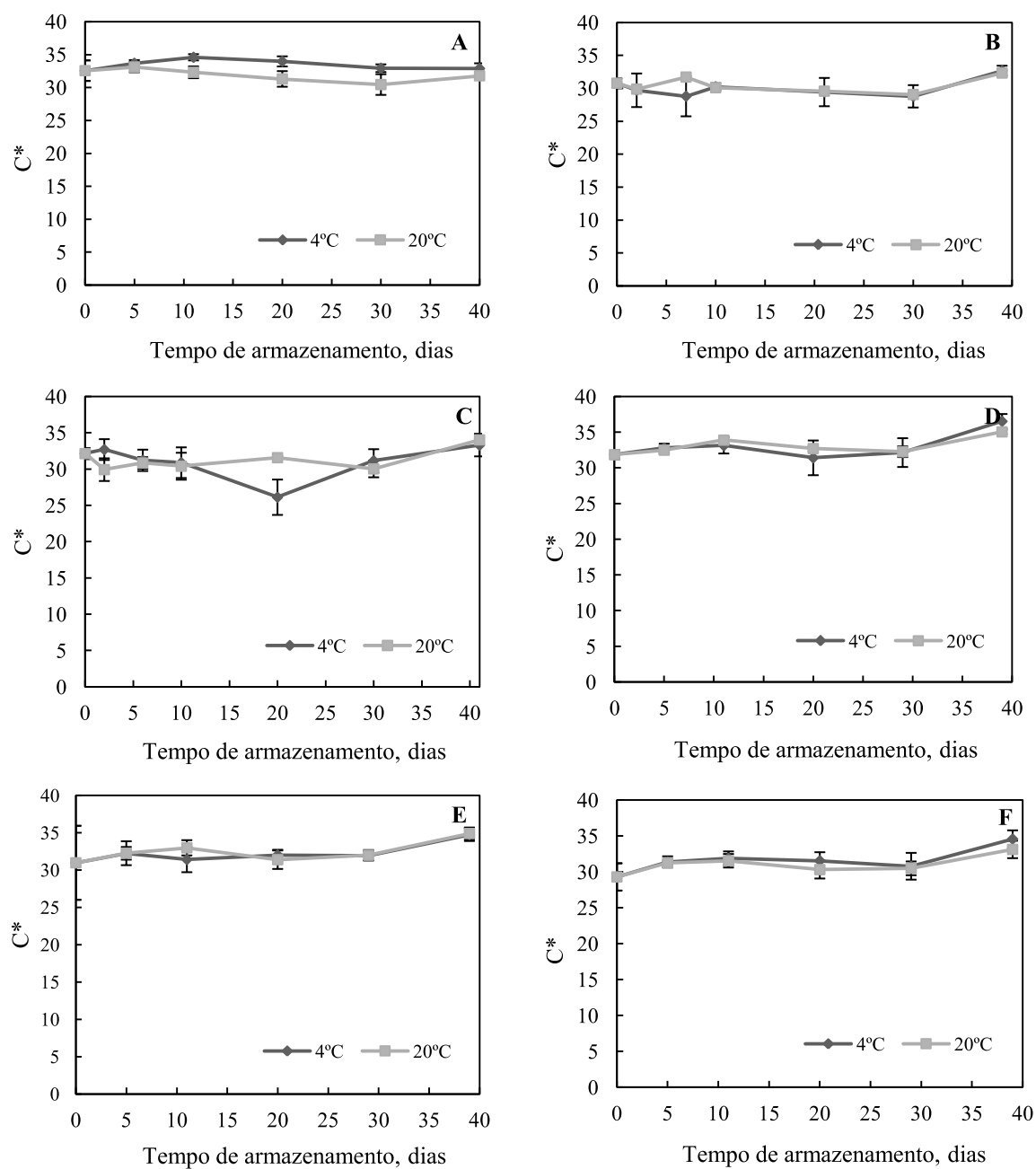


Figura A 12. Evolução da cromacidade dos filmes com fruta isolados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

Filmes sem fruta aplicados

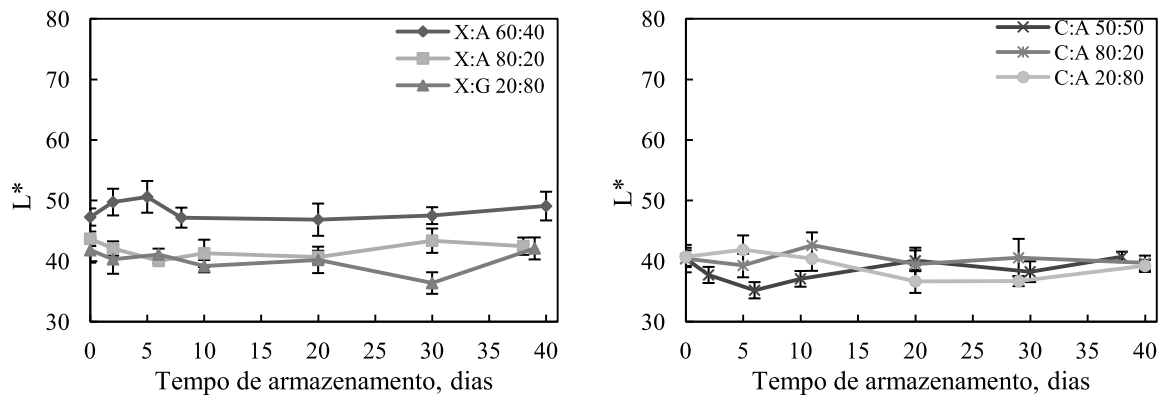


Figura A 13. Evolução da luminosidade dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.

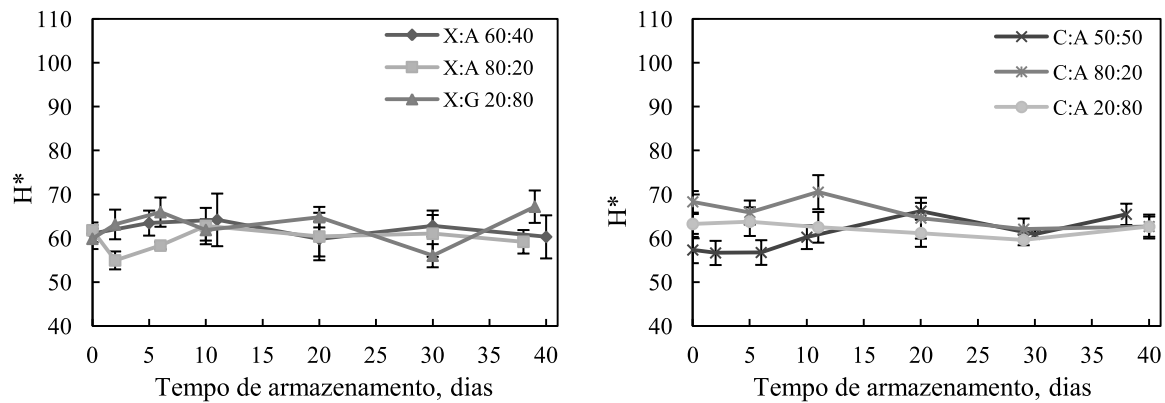


Figura A 14. Evolução da tonalidade dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.

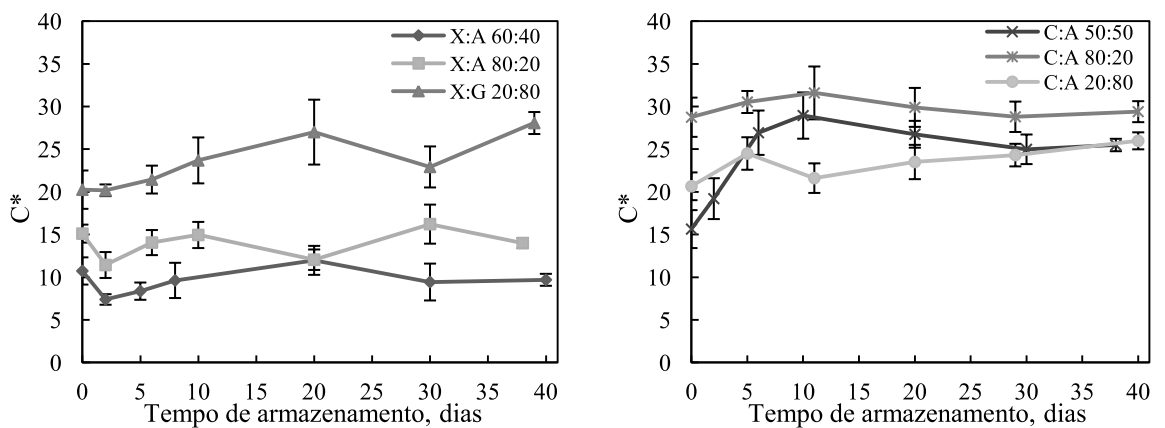


Figura A 15. Evolução da cromacidade dos filmes sem fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C.

Filmes com fruta aplicados

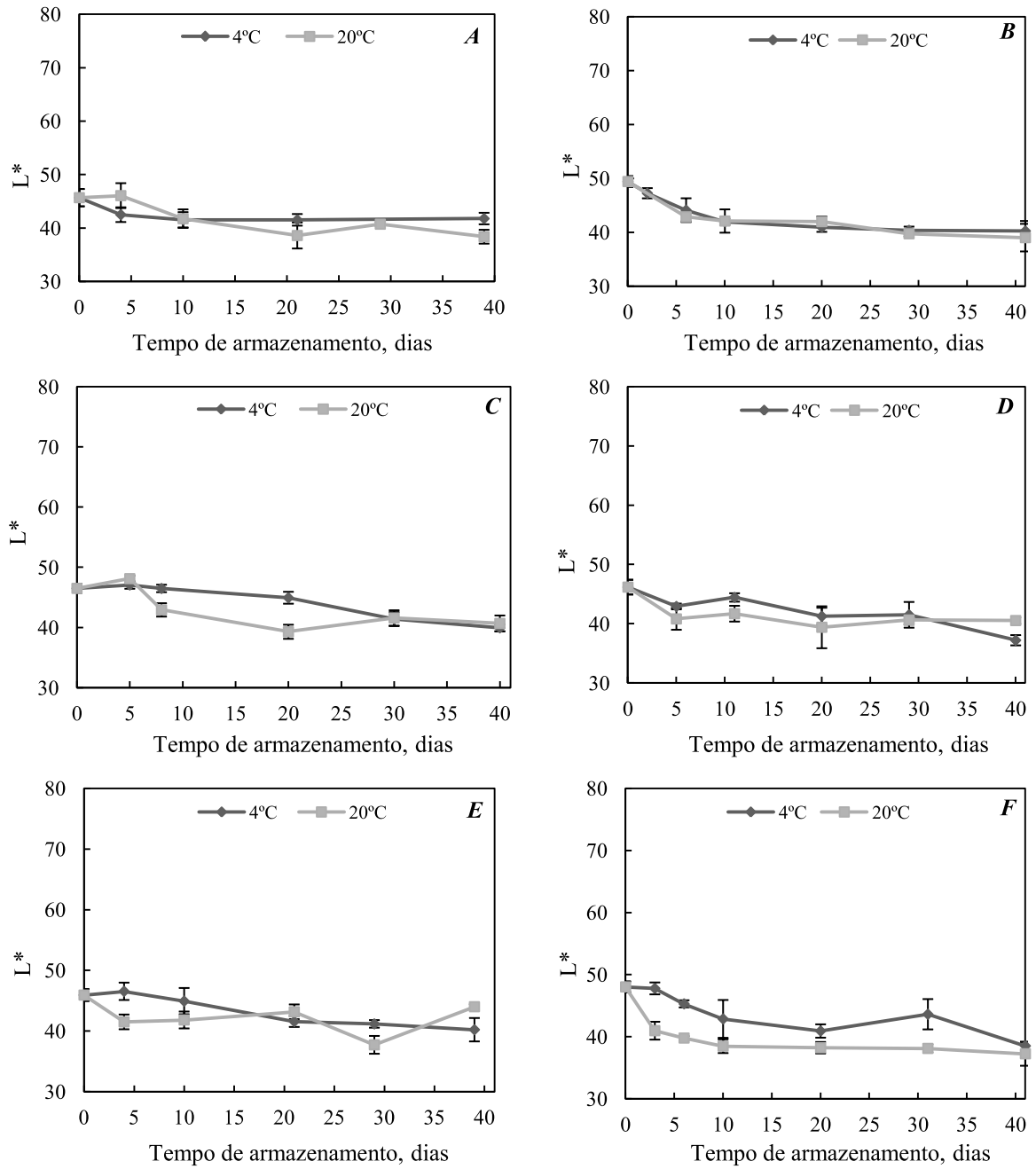


Figura A 16. Evolução da luminosidade dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

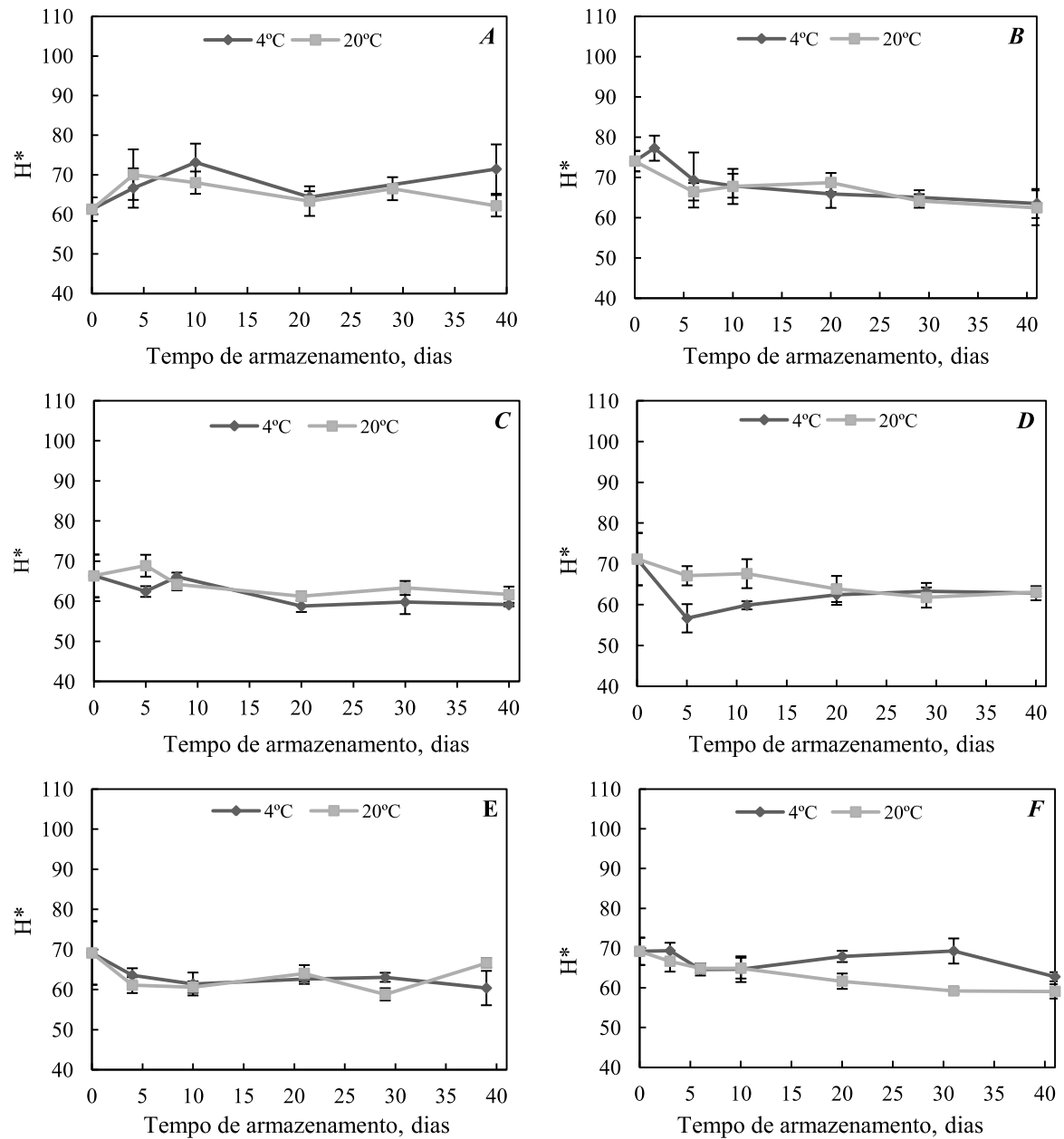


Figura A 17. Evolução da tonalidade dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D - C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.

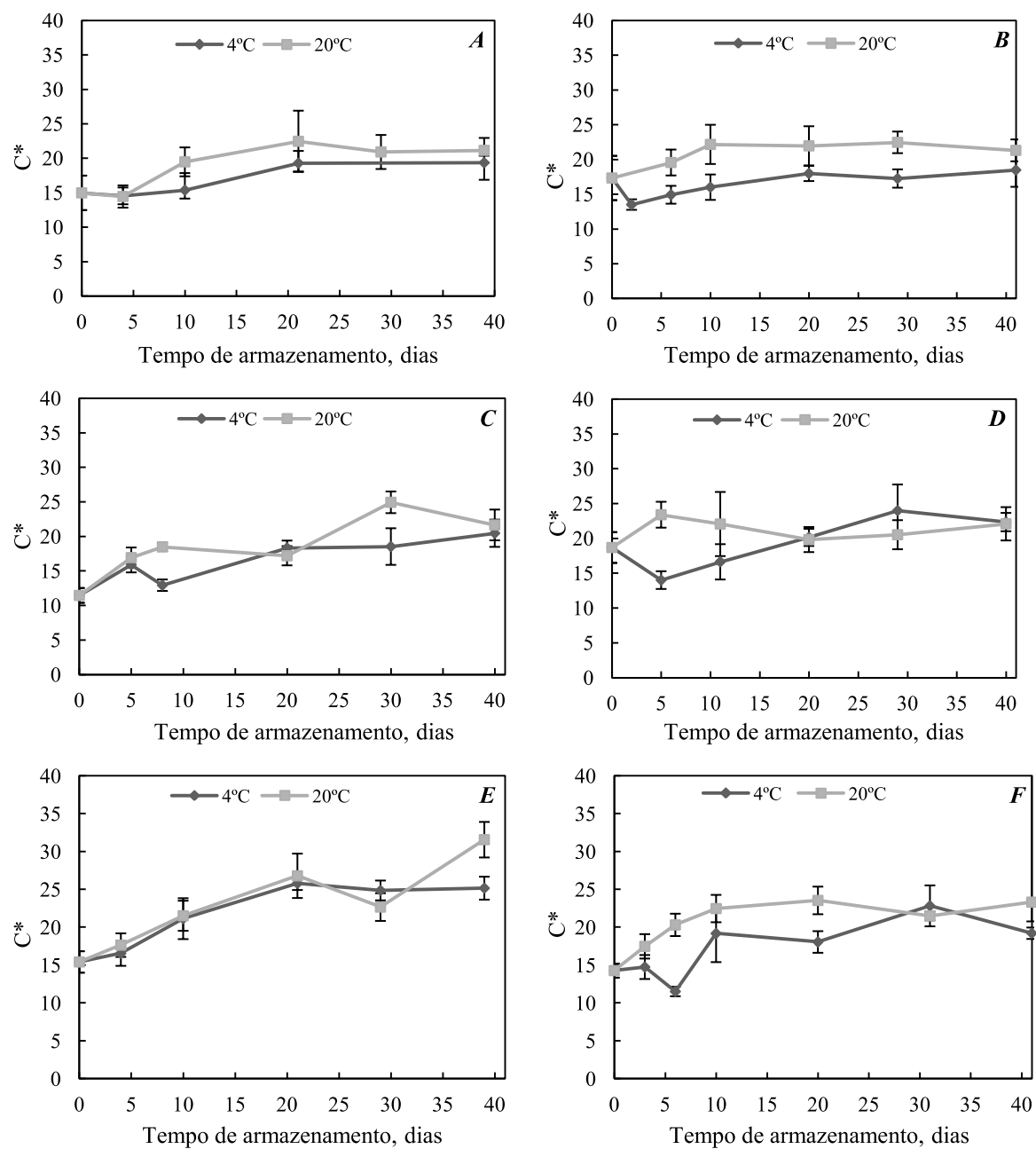


Figura A 18. Evolução da cromacidade dos filmes com fruta aplicados ao longo do tempo de armazenamento a 4°C e a 20°C. A – X:A 60:40; B – X:A 80:20; C – X:G 20:80; D – C:A 50:50; E – C:A 80:20; F – C:A 20:80.